



**Tomás Neiva Vieira Pinto Santos**

Licenciatura em engenharia química e bioquímica

## **Otimização da linha de espessamento da ETAR de Alcântara**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia química e bioquímica

Orientador: Paulo Jorge Inocêncio, Eng.<sup>o</sup>, AdTA  
Co-orientador: Mário Eusébio, Prof. Auxiliar, FCT/UNL  
Co-orientadora: Fátima Paixão, Eng.<sup>a</sup>, AdTA

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Ana Rita Cruz Duarte  
Arguente: Prof. Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral  
Vogal: Eng.<sup>o</sup> Paulo Jorge Inocêncio



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro 2018**





**Tomás Neiva Vieira Pinto Santos**

Licenciatura em engenharia química e bioquímica

## **Otimização da linha de espessamento da ETAR de Alcântara**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia química e bioquímica

Orientador: Paulo Jorge Inocêncio, Eng.<sup>o</sup>, AdTA  
Co-orientador: Mário Eusébio, Prof. Auxiliar, FCT/UNL  
Co-orientadora: Fátima Paixão, Eng.<sup>a</sup>, AdTA

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Ana Rita Cruz Duarte  
Arguente: Prof. Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral  
Vogal: Eng.<sup>o</sup> Paulo Jorge Inocêncio



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro 2018





### **Otimização da linha de espessamento da ETAR de Alcântara**

Copyright © Tomás Neiva Santos, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor



## Agradecimentos

Este trabalho não teria sido possível sem algumas pessoas a quem gostaria de agradecer.

Aos Engenheiros Fátima Paixão e Paulo Inocêncio, pela paciência, ajuda, orientação e conhecimento que me transmitiram.

Ao Professor Doutor Mário Eusébio, pelo acompanhamento e disponibilidade que demonstrou ao longo dos meus estudos.

À equipa do laboratório da ETAR de Beirolas, pelas análises realizadas, interesse manifestado no trabalho e conselhos para o mesmo.

Às equipas dos laboratórios de sintetização de polímeros e bioengenharia dos grupos de investigação LAQV/REQUIMTE e UCIBIO/REQUIMTE, pela colaboração no estudo de tamanho de partículas.

À equipa do laboratório de investigação CERENA do IST, pela disponibilidade e colaboração no estudo da carga potencial das partículas.

À Engenheira Maria Bandeira, por disponibilizar o equipamento e reagentes do laboratório da ETAR de São João da Talha para o estudo do *Triple-Dosage-Method*.

Finalmente, a toda a equipa de operação, pelo interesse demonstrado pelo estudo, apoio e por me terem acolhido.

A todos estes, um grande obrigado.



## Resumo

O presente trabalho investigou a linha de espessamento da ETAR de Alcântara, da empresa Águas do Tejo Atlântico. O objetivo do estudo é a otimização do MULTIFLO™ n°5 (MF5), que faz o espessamento das lamas biológicas, das escorrências da desidratação e das lamas dos ACTIVFLO em Alcântara.

Não obstante em termos de caudal, o MF5 representar apenas um terço das águas afluentes ao tratamento secundário, representa cerca de metade da carga de sólidos, provocando a sobrecarga do subsequente processo de biofiltração. Neste contexto, justifica-se a necessidade de otimizar o desempenho do MF5, com a redução da carga de sólidos afluentes aos biofiltros, a diminuição da frequência de lavagens dos BFI e a melhoria da qualidade do efluente final.

O estudo procurou caracterizar o desempenho do MF5, porquanto se analisaram parâmetros com importância significativa na sedimentação, designadamente a eficiência em termos de SST, a carga superficial das partículas (potencial zeta) e a distribuição da dimensão das mesmas, afluente e efluente ao órgão em estudo.

O programa GPS-X foi utilizado posteriormente para uma sumária modelação e simulação de cenários, em seguida testados à escala industrial.

Confirmou-se, após o estudo efetuado, que o funcionamento em termos de eficiência do MF5 não apresenta problemas (remoção de 63% dos sólidos suspensos totais), justificando-se a excessiva carga do efluente pela sobrecarga do afluente ao referido órgão, designadamente na componente coloidal (fator  $\beta$  de 1,8 indicando a forte componente coloidal). Tentou-se mitigar esta questão através de desvios de carga para outros órgãos de tratamento. O desvio para os restantes MF do tratamento primário alcançou uma redução de carga afluente ao BFI de 30%.

Investigou-se também um método alternativo de tratamento físico-químico, *Triple-Dosage-Method*, que reduz a acidificação das lamas espessadas e tornando os respetivos flocos mais robustos, permite, desta forma, o aumento da taxa de captura na desidratação e a concomitante redução da carga coloidal afluente à linha de espessamento (MF5). Os *jar Tests* feitos evidenciaram o efeito positivo do método, não tendo sido possível verificar, à escala industrial, o aumento na robustez dos flocos no aumento da eficiência na desidratação.

**Termos chave:** Tratamento de águas residuais, Espessamento, MULTIFLO, Caracterização, Distribuição de tamanho de partículas, *Triple-Dosage-Method*.



## Abstract

This work investigates the sludge thickening line in Alcântara Wastewater Treatment Plant. The purpose of this study is the optimization and improvement of MULTIFLO™ n°5, the station' sludge thickener.

In terms of Flow, MF5 poses no problems to the subsequent biofiltration process as it represents a third of the affluent water. However, it represents nearly half of the solids load, causing an overload of the succeeding treatment. Thus, the need to optimize and improve MF5 performance, with the consequent reduction of the solids loading rate to the BFI and a better final effluent water quality.

This study targeted the MF5 performance, hence several parameters with significant importance to the coagulation-flocculation-sedimentation process, such as solids removal efficiency, electrokinetic potential of (zeta potential) and the size distribution of particles were evaluated both at the affluent and effluent of the thickener.

GPS-X software was used for a brief modeling and simulation of scenarios, which were latter tested in industrial scale.

The study confirmed the high solids removal efficiency of the gravity thickener (63%), meaning the high solids load in the effluent is due to the overload of the affluent to MF5, mainly in the colloidal component ( $\beta$  factor of 1,8 indicating a strong colloidal presence). This problem was mitigated with flow diversions to other treatment processes. The deviation to MF1-4 managed to reduce the solids rate arriving at the BFI by 30%.

An alternative coagulation-flocculation method was investigated, Triple-dosage-method, which could reduce the sludge acidification and develop more compact flocs. Hence allowing a higher solids capture in the dehydration process, this would reduce the colloidal load affluent to the thickening line (MF5). The performed jar tests verified the increase in sedimentation velocity, however, formed flakes robustness could not be evaluated.

**Keywords:** Wastewater treatment, Gravity thickening, MULTIFLO, Characterization, Particle size distribution, Triple-Dosage-Method.





# Índice

1. Enquadramento e motivação .....	1
2. Introdução teórica .....	5
a) Características de águas residuais .....	5
i. Características físicas .....	5
ii. Características químicas .....	9
b) Tratamento de águas residuais .....	10
c) ETAR de Alcântara .....	12
i. Obra de entrada e pré-tratamento .....	14
ii. Tratamento primário .....	15
iii. Tratamento secundário .....	18
iv. Tratamento de lamas .....	18
v. Tratamento de gases .....	19
d) Mecanismos de tratamento primário e espessamento em Alcântara .....	20
i. Coagulação .....	20
ii. Floculação .....	22
iii. Sedimentação .....	23
iv. Lamelas .....	27
3. Materiais e métodos de análise .....	29
a) Dados da linha de espessamento .....	29
b) Campanha laboratorial .....	30
c) Tamanhos de partículas .....	31
d) Potencial zeta .....	33
e) Manto de lamas .....	34
f) <i>Jar tests</i> .....	34
g) Ensaio industriais .....	36
i. Ensaio industrial 1 .....	36
ii. Ensaio industrial 2 .....	37
h) GPS-X: Construção do modelo .....	38
i. Layout da instalação .....	38
ii. Escolha da biblioteca .....	39
iii. Modelos dos objetos .....	40
iv. Afinação do modelo .....	44
4. Resultados e discussão .....	49
a) Análise de dados históricos .....	49
b) Caracterização detalhada do afluente e efluente ao MF5 .....	52
i. Campanha de análises .....	52
ii. Tamanho de partículas .....	56
iii. Potencial Zeta .....	64
iv. Manto de lamas .....	65

c)	Investigação de novas medidas a implementar .....	67
i.	<i>Jar test</i> .....	68
ii.	GPS-X .....	78
iii.	Ensaaios industriais.....	81
5.	Conclusões e trabalhos futuros .....	87
	Referencias bibliograficas .....	91
	Anexos.....	93
	Anexo A – Protocolo de Procedimento de <i>Jar Test</i> .....	93
	Anexo B. Avaliação económica de dosagens testadas.....	99
	Anexo B.1 – Cálculos auxiliares para custo de dosagens utilizadas.....	99
	Anexo B.2 – Preços dos reagentes utilizados .....	102
	Anexo C – Fichas de segurança dos reagentes.....	104
	Anexo C.1 – Ficha de segurança Cloreto Férrico.....	104
	Anexo C.2 – Ficha de segurança do Polímero catiónico orgânico.....	115
	Anexo C.3 – Ficha de segurança do Polímero aniónico .....	123

## Índice de figuras

Figura 1.1 - Subsistema de Alcântara .....	1
Figura 1.2 - Estação de tratamento de águas residuais de Alcântara .....	2
Figura 2.1 - Tipos de sólidos .....	6
Figura 2.2 - Dupla camada elétrica, potencial zeta .....	7
Figura 2.3 - Esquema das três fileiras de tratamento na ETAR de Alcântara .....	13
Figura 2.4 - Decantador MULTIFLO, Veolia .....	16
Figura 2.5 - Decantador ACTIFLO, Veolia .....	17
Figura 2.6 - Forças de atração e repulsão entre partículas .....	21
Figura 2.7 - Sedimentação e curva de Kynch .....	26
Figura 2.8 - Ilustração do aumento de área de superfície com a utilização de lamelas .....	27
Figura 3.1 - Microscópio Malvern Pro Morphologi G3.....	31
Figura 3.2 - Amostra ALC-R-BFI vista no equipamento Morphologi a x50.....	32
Figura 3.3 - Forno UE200, Memmert .....	32
Figura 3.4 - Rotavapor r-210, Buchi .....	32
Figura 3.5 - Liofilizador Coolsafe 110, Scanvac.....	33
Figura 3.6 - Princípio de funcionamento PMX400 .....	33
Figura 3.7 - STABINO Particle Metrix .....	33
Figura 3.8 - Bamo MudLine TGS .....	34
Figura 3.9 - Equipamento de <i>jar tests</i> da ETAR de São João da Talha .....	35
Figura 3.10 - Medidor de caudal ultrassónico 93T, Endress-Hauser.....	36
Figura 3.11 - Fluxo vs. abertura da válvula do MF4.....	37
Figura 3.12 - Esquema do modelo GPS-X.....	39
Figura 3.13 - Entrada de parâmetros para caracterização de afluente de águas residuais .....	41
Figura 3.14 - Casos de distribuição de caudal de entrada .....	47
Figura 4.1 - Contribuições ao afluente do MF5.....	54
Figura 4.2 - Resultado da filtração com malha de 45 micron, ALC-R-BFI e ALC-E-DPR.5 .....	56
Figura 4.3 - Grânulos e película resultantes de secagem em estufa.....	57
Figura 4.4 - Pó solto resultante da liofilização .....	57
Figura 4.5 - Distribuição de tamanho de partículas, secagem em estufa.....	58
Figura 4.6 - Distribuição de tamanho de partículas, secagem por liofilização.....	59
Figura 4.7 - Lei de potência DTP da entrada do MF5, ALC-R-BFI .....	62
Figura 4.8 - Lei de potência DTP da saída do MF5, ALC-E-DPR.5.....	63
Figura 4.9 - Local de medição da altura do manto de lamas .....	67
Figura 4.10 - Estado de sedimentação amostras nº1,2,3 e 4, 40 segundos após a paragem da agitação .....	69
Figura 4.11 - Estado de sedimentação amostras nº1,2,3 e 4, 70 segundos após a paragem da agitação .....	69

Figura 4.12 - Estado da sedimentação amostras nº1,2,3 e 4, 120 segundos após a paragem da agitação .....	70
Figura 4.13 - Estado da sedimentação amostras nº1,2,3 e 4, 3 minutos após a paragem da agitação .....	70
Figura 4.14 - Estado da sedimentação das amostras nº5 e nº6 após paragem da agitação .....	71
Figura 4.15 - Estado da sedimentação das amostras nº1, nº2 e nº3 após paragem da agitação .....	72
Figura 4.16 - Ensaio nº0 após 3 minutos de sedimentação.....	73
Figura 4.17 - Estado da sedimentação das amostras nº4, nº5 e nº6 após paragem da agitação .....	76
Figura 4.18 - Estado da sedimentação das amostras nºI e nºII após paragem da agitação .....	77
Figura 4.19 - Efeito da variação de SST das escorrências na eficiencia do MF5 .....	79
Figura 4.20 - Efeito da variação de caudal de escorrências na eficiencia do MF5 .....	79
Figura 4.21 - Efeito da variação de SST das águas de lavagem na eficiencia do MF5 .....	80
Figura 4.22 - Efeito da variação de caudal de águas de lavagem na eficiencia do MF5 .....	80
Figura 4.23 - Carga de sólidos diária de sólidos afluentes aos BFI, em 2018, ensaio 1 .....	82
Figura 4.24 - Concentração de sólidos efluentes do TAL, em 2018, ensaio 1 .....	82
Figura 4.25 - Carga de sólidos diária afluente aos BFI, em 2018, ensaio 2 .....	83
Figura 4.26 - Concentração de sólidos à entrada dos BFI, em 2018, ensaio 2.....	84
Figura 4.27 - Caudal diário afluente aos BFI, em 2018, ensaio 2.....	85
Figura 4.28 - Concentração de sólidos nas escorrências, em 2018, ensaio 2 .....	85
Figura 4.29 - Influência inter-processos na ETAR de Alcântara.....	86

## Índice de tabelas

Tabela 2.1 Classificação de partículas por dimensão .....	7
Tabela 2.2 - Avaliação de biodegradabilidade com a razão CQO/CBO .....	10
Tabela 2.3 - Tratamentos de uma ETAR .....	11
Tabela 2.4 - Velocidade de sedimentação por tamanho de partícula.....	21
Tabela 2.5 - Gama de valores de Tempo de contacto e Gradiente de velocidade em coagulação e floculação .....	23
Tabela 2.6 - Diferentes tipos de sedimentação.....	24
Tabela 3.1 - Dimensionamentos de tempo seco, ano 20, condições de projeto .....	29
Tabela 3.2 - Plano de amostragens da estação de Alcântara .....	30
Tabela 3.3 - Técnicas e Métodos de análise utilizados no Laboratório da ETAR de Beirolas ..	31
Tabela 3.4 - Reagentes utilizados em <i>jar test</i> .....	35
Tabela 3.5 - Correntes do modelo do MF5 no GPS-X.....	39
Tabela 3.6 - Bibliotecas disponíveis na versão 7.0.1 do GPS-X.....	39
Tabela 3.7 - Tipos de camadas dos modelos unidimensionais .....	43
Tabela 3.8 - Variáveis afinadas dos afluentes de águas residuais .....	45
Tabela 3.9 - Variáveis afinadas das características físicas .....	45
Tabela 3.10 - Variáveis afinadas das lamelas .....	46
Tabela 3.11 Concentração de variáveis a saída .....	46
Tabela 3.12 - Variáveis estimadas pelo otimizador .....	46
Tabela 3.13 - Casos de distribuição de caudal de entrada.....	47
Tabela 3.14 - Variáveis de distribuição de caudal estimadas pelo otimizador .....	47
Tabela 4.1 - Caudais afluentes aos MULTIFLOs 1-5 .....	49
Tabela 4.2 - Produção de lamas espessadas por MULTIFLOs 1-5.....	50
Tabela 4.3 - Cargas mássicas da linha primária e de espessamento .....	51
Tabela 4.4 - Resultados da campanha de análises, ALC-R-BFI, afluente ao MF5 .....	52
Tabela 4.5 - Resultados da campanha de análises, ALC-E-DPR.5, efluente do MF5 .....	52
Tabela 4.6 - Tratamento de dados da campanha de análises.....	53
Tabela 4.7 - Resultados da campanha de análises, ALC-R-DEC, escurrências das centrífugas .....	54
Tabela 4.8 - Comparação de balanços de dimensionamento e de valores reais do MF5 e escurrências das centrífugas .....	55
Tabela 4.9 - Tratamento de dados DTP, secagem em estufa .....	60
Tabela 4.10 - Tratamento de dados DTP, secagem em liofilizador.....	60
Tabela 4.11 - Intervalos escolhidos e partículas por intervalo .....	62
Tabela 4.12 - Comparação de leis de potência para varios locais, adaptado de [21] .....	63
Tabela 4.13 - Medições de potencial zeta feitas dia 16 de julho .....	64
Tabela 4.14 - Medições de potencial zeta feitas dia 17 de julho .....	64
Tabela 4.15 - Altura dos mantos MF 1-5.....	66

Tabela 4.16 - Verificação do efeito do tratamento físico-químico na altura do manto.....	66
Tabela 4.17 - Dosagem testadas com amostra de ALC-R-BFI, 1 centrífuga em funcionamento. Ensaio feito dia 2 de agosto. ....	68
Tabela 4.18 - Dosagem testadas com amostra de ALC-R-BFI, 1 centrífuga em funcionamento. Ensaio feito dia 3 de setembro. ....	72
Tabela 4.19 - Preços dos reagentes por água tratada, para as dosagens testadas no dia 2 de agosto.....	74
Tabela 4.20 - Preços dos reagentes por água tratada, para as dosagens testadas no dia 3 de setembro.....	74
Tabela 4.21 - Dosagens testadas mantendo o preço total de reagentes, dia 3 de setembro ....	75
Tabela B.1 – Compilação das dosagens testadas e respectivos custos por cada mil m <sup>3</sup> tratados .....	101
Tabela B.2 - Preços dos reagentes utilizados em jar test.....	103

## Lista de Abreviaturas, siglas e acrónimos

AdP	Águas de Portugal
AdTA	Águas do Tejo Atlântico
ETAR	Estação de Tratamento de Águas residuais
VLE	Valores limite de emissão
MF	MULTIFLO™
AF	ACTIFLO™
BFI	Biofiltros
TAL	Tanque de Águas de Lavagem
TLM	Tanque de Lamas Mistas
AR	Águas residuais
ST	Sólidos Totais
SV	Sólidos voláteis
SF	Sólidos fixos
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SDV	Sólidos Dissolvidos Voláteis
SDF	Sólidos Dissolvidos Fixos
SST	Sólidos Suspensos Totais
SSV	Sólidos Suspensos Voláteis
SSF	Sólidos Suspensos fixos
CQO	Carência Química em Oxigénio
CBO	Carência Bioquímica em Oxigénio
TDM	<i>Triple-Dosage-Method</i>
DTP	Distribuição de Tamanho de Partículas
SMP	<i>Soluble Microbial Products</i>
EPS	<i>Extra Polymeric Substances</i>
ALC-E-DPR.5	Canal de saída do MF5
ALC-R-BFI	Canal de entrada no MF5 e saída do TAL
ALC-R-DEC	Canal de saída de escorrências





## 1. Enquadramento e motivação

A água é um bem essencial à vida. Desde usos domésticos a usos industriais, passando por geração de energia, a água é utilizada em quase todos os sectores. Quando já não tem qualidade para ser utilizada passa a água residual podendo ter cariz municipal ou industrial (ou ambas). Uma vez que passa a residual, requiere um tratamento para poder ser descarregada para o meio recetor ou até reutilizada para outros usos.

A entidade que assegura este procedimento em Portugal é maioritariamente o grupo Águas de Portugal, AdP. O grupo, criado em 1993, presta hoje serviço a cerca de 80% da população portuguesa atuando no ciclo urbano da água desde a sua captação até ao seu tratamento. A empresa está dividida em 12 outras sociedades de menor dimensão. Entre elas, a Águas do Tejo Atlântico, AdTA, sociedade de capitais exclusivamente públicos, formada no início de 2017 pela fusão de 3 outros organismos: Águas do Oeste, Sanest e Simtejo. Como o nome indica a empresa assegura o saneamento das águas em torno do estuário do tejo e zona atlântica, sendo responsável pelo transporte e tratamento de águas em 24 municípios na área da grande Lisboa e Oeste. O subsistema de Alcântara insere-se na AdTA e é um dos três maiores subsistemas de tratamento presentes na região de Lisboa, delimitado na Figura 1.1.

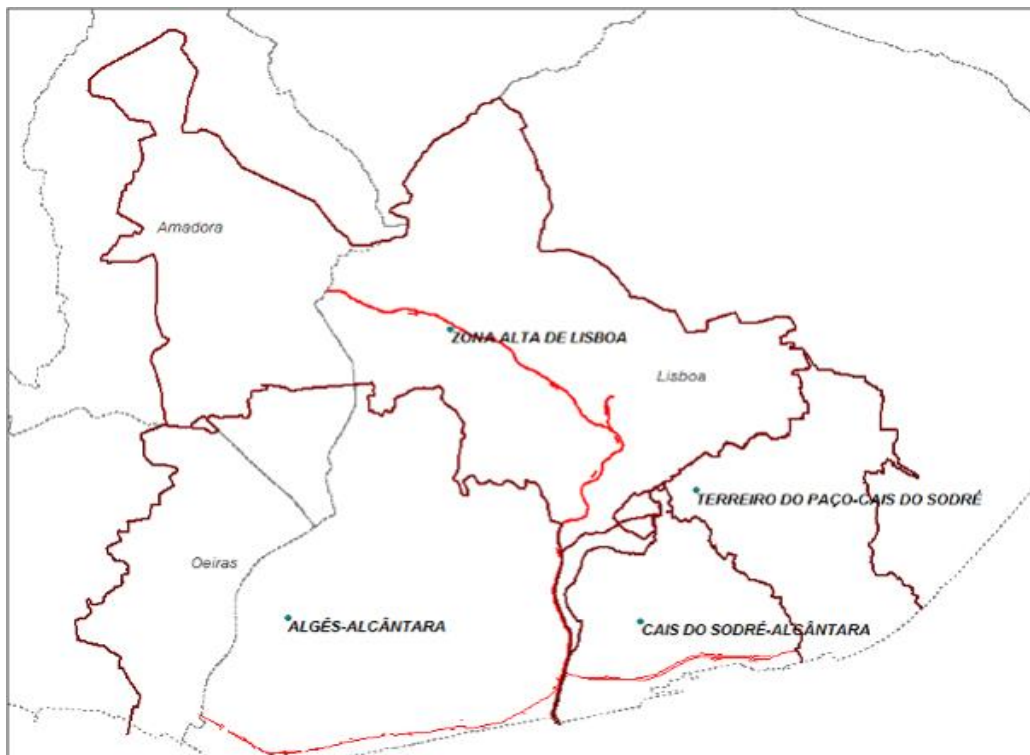


Figura 1.1 - Subsistema de Alcântara

Composto pela ETAR de Alcântara, 12 estações elevatórias e um total de 26 km de emissários, totaliza um investimento global de cerca de 180 milhões de euros. É responsável pelo tratamento das águas residuais, de toda a zona ribeirinha, de Santa Apolónia a Belém, estendendo-se ainda até parte do município de Oeiras, e de grande parte dos municípios de Lisboa e Amadora.

No coração deste subsistema está a ETAR, ou fábrica de água de Alcântara (Figura 1.2). Foi renovada numa obra que decorreu entre 2006 e 2011, aumentando a sua capacidade e melhorando o tratamento e a sua integração na paisagem, ganhando inclusive o prémio Valmor e Municipal de arquitetura em 2013.



Figura 1.2 - Estação de tratamento de águas residuais de Alcântara

Com um caudal máximo diário de 570,240 m<sup>3</sup>/dia, a estação serve o equivalente a 750 mil habitantes, tendo a possibilidade de fazer o tratamento das três fases, sólida, gasosa e líquida, encontrando-se nesta última, o órgão a otimizar, o MULTIFLO™ 5.

O MULTIFLO 5 é um decantador de espessamento que se destaca dos restantes órgãos do tratamento primário por ter como afluente as lamas biológicas da biofiltração, as escorrências das centrífugas, e em tempo húmido, as lamas dos ACTIFLO™. O seu efluente é misturado com o efluente dos restantes decantadores do tratamento primário e enviado para o secundário, o biológico. A linha de espessamento a otimizar é responsável de cerca de 50% da carga de sólidos a chegar aos biofiltros, e de apenas 25% da caudal. Estes valores acoplados com a elevada turvação à saída do MF 5 demonstram que este órgão condiciona e sobrecarrega o tratamento seguinte.

O tratamento biológico é assegurado por 15 BIOS TYR™ da Veolia, que permitem, não obstante à carga elevada de sólidos que chega a este órgão, o cumprimento dos VLE's definidos por lei. Segundo a Veolia, os filtros devem ser lavados entre cada 12 a 48h tendo sido definido em Alcântara, em funcionamento automático, e em face da carga afluente de projeto, uma lavagem

por dia. Em Alcântara este limite nem sempre é cumprido sendo regularmente necessárias mini-lavagens e mudanças nos horários. Com cada lavagem efetuada, parte das lamas secundárias formadas é arrastada para o efluente final, prejudicando a sua qualidade. Para além deste aspeto, em elevação de águas, as lavagens representam um custo de cerca de 70 mil euros anuais, valor que pode ser reduzido se a carga aos biofiltros for reduzida, e consequentemente, as lavagens minimizadas.

O objetivo deste trabalho é melhorar o efluente da linha de espessamento, o que permitirá operar o tratamento secundário a um custo reduzido. Devido às poucas análises e valores existentes relativos ao MF5, o seu funcionamento irá ser analisado de raiz. Serão feitos vários ensaios laboratoriais para determinar a eficiência do MF5, caracterizados os seus afluentes e efluentes e verificado o funcionamento do tratamento físico-químico. Um outro método de coagulação-floculação, com a premissa de melhor sedimentação, menor produção e acidificação de lamas e maior robustez de floco formado será investigado através de ensaios em *jar test*.



## 2. Introdução teórica

### a) Características de águas residuais

Provenientes de usos urbanos e industriais, as águas residuais são constituídas por uma vasta gama de sólidos como matéria fecal, alimentos, de carga essencialmente orgânica e biodegradável, ou até mesmo compostos inorgânicos como metais. Isto proporciona às águas propriedades e características específicas, que poderão ter uma importância mais ou menos acentuada no seu tratamento [1].

#### i. Características físicas

##### **Sólidos**

Águas residuais contêm, devido à sua natureza, uma vasta gama de sólidos desde colóides e bactérias até pedras. Estes são normalmente responsáveis por algumas das propriedades da água como a sua turvação ou cor. Retirar estes sólidos é uma parte importante do tratamento das águas, sendo o pré-tratamento e tratamento primário destinado a este efeito. Os sólidos encontram-se sob diversas formas, podendo ser divididos em vários grupos.

##### **Voláteis e fixos**

Os sólidos presentes em AR podem ainda ser divididos em dois grupos, voláteis ou fixos. Os sólidos que forem volatilizados após ignição a  $500 \pm 50^\circ\text{C}$  são considerados voláteis. Os SV são um indicador, embora não exato, de matéria orgânica. Os resíduos que ficam após ignição, sólidos não volatilizados, são considerados fixos [2].

##### **Sólidos suspensos e dissolvidos.**

A divisão entre os dois pode ser feita de diferentes maneiras, sendo a mais utilizada a passagem por um filtro. Os sólidos retidos são considerados suspensos, e do filtrado dissolvidos. No entanto a distinção é arbitrária e depende do local onde as análises são feitas, sendo utilizados filtros com poros de dimensão nominal entre 0,45 a 2  $\mu\text{m}$ . Segundo o decreto-lei n.º 159/97 da legislação portuguesa os filtros a utilizar são os com poro de 0,45  $\mu\text{m}$ . Os sólidos dissolvidos são geralmente responsáveis por características como salinidade e não são considerados poluentes principais pois nem sempre estão relacionados com problemas de saúde.

A Figura 2.1 ilustra as diferentes divisões e testes a fazer para distinguir os sólidos em águas.

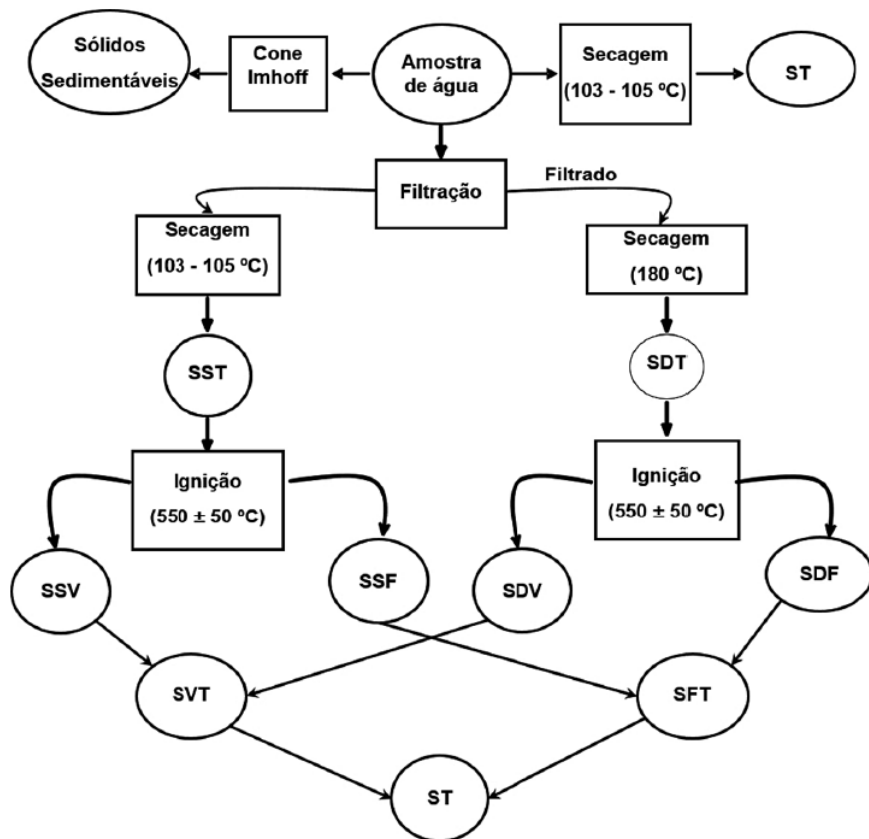


Figura 2.1 - Tipos de sólidos, adaptado [2]

### Tamanho de partícula

Esta característica é importante a ter em conta em tratamentos de águas residuais. Sendo até possível, escolher o processo adequado para separação de sólidos e líquidos de acordo com a dimensão das partículas a separar [3]. Tendo uma influência significativa na eficiência de processos como desinfecção e filtração, o recente crescimento de reutilização de águas residuais traz crescente importância a este parâmetro.

No caso da sedimentação, o tamanho de partícula também tem um impacto óbvio. Este impacto será mais tarde discutido juntamente com o mecanismo de sedimentação.

Em águas residuais, as partículas têm uma gama de dimensões específica. Essa gama é normalmente dividida em quatro grupos, dissolvidos, coloidais, supracoloidais e sedimentáveis, de dimensões observáveis na Tabela 2.1 [4,5].

Tabela 2.1 Classificação de partículas por dimensão

Classificação da partícula	Dimensão
Dissolvida	$<0.001\ \mu\text{m}$
Coloidal	$0.001\text{-}1\ \mu\text{m}$
Supracoloidal	$1\text{-}100\ \mu\text{m}$
Sedimentável	$>100\ \mu\text{m}$

### Carga superficial de partículas

Em tratamentos de águas residuais, a interação entre partículas é um fator importante a ter em conta. Causada maioritariamente pelas cargas à sua superfície, a interação entre partículas vai permitir, ou não, que sólidos de menores dimensões aglomerem para serem removidos em tratamentos como a sedimentação ou a filtração.

Os coloides presentes em AR apresentam por norma uma carga negativa à sua superfície. Esta carga origina da natureza das partículas que se encontram em suspensão, como proteínas, EPS ou sais inorgânicos. Em 1924, o físico Alemão Otto Stern, combina as teorias de Helmholtz e de Gouy-Chapman, defendendo que existem duas camadas na interface sólida-líquida. Uma primeira camada formada por iões positivos à superfície do sólido, chamada camada de Stern, e uma segunda camada em que ainda existe uma maior concentração de iões positivos, terminando quando existir uma carga neutra no líquido. Isto é ilustrado na Figura 2.2 [6].

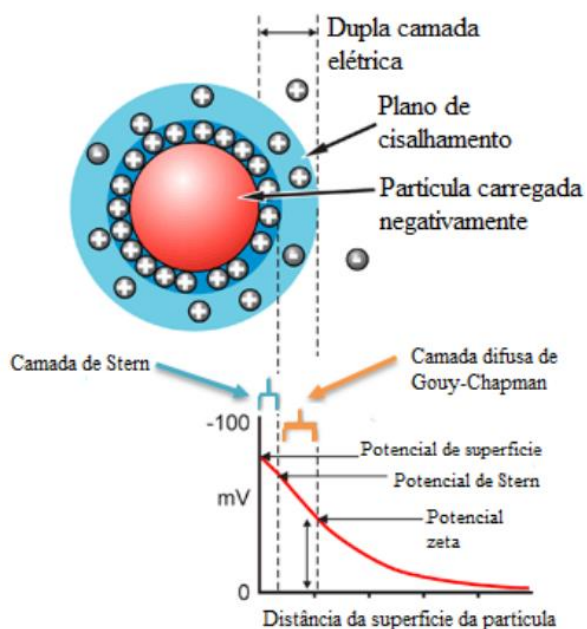


Figura 2.2 - Dupla camada elétrica, potencial zeta, adaptado [6]

Esta dupla camada neutraliza a carga do coloide e é responsável pela estabilidade coloidal em solução. Normalmente dado em mV, o potencial zeta é uma característica muito utilizada para

avaliar a carga das partículas e representa o potencial no limite da camada difusa. O potencial zeta é então não só um indicador da carga superficial da partícula, mas também da envergadura da sua camada difusa. Soluções com potencial zeta no intervalo entre -30mV e 30mV são consideradas instáveis, sendo o objetivo da coagulação chegar o mais perto possível do valor 0mV [7,8].

### **Massa volúmica**

Por definição, a massa volúmica,  $\rho$ , é a quantidade de matéria existente num determinado volume. Como tal, pelo sistema SI, é dada em  $\text{kg/m}^3$ . Este é um fator a ter em conta no tratamento de águas residuais pois, segundo a equação de Stokes (2.8), tem um efeito significativo em operações como a decantação ou flotação. É também necessário ter em conta a possibilidade de correntes de densidade que poderão influenciar os tratamentos. O efeito que a salinidade da água tem na sedimentação origina principalmente do aumento da massa volúmica do líquido, que se traduz numa menor velocidade de sedimentação de partículas.

### **Viscosidade**

Em qualquer instalação onde se utiliza fluidos, a viscosidade é uma propriedade importante a ter em conta. Esta característica reflete a sua resistência à deformação e como tal a sua capacidade de escoar. Causada pela fricção entre moléculas, é a principal causa de perdas de carga em tubagens.

Existem dois tipos de viscosidade: o mais comum, a viscosidade dinâmica ou absoluta, que é normalmente dada pela relação entre a tensão de corte e velocidade entre duas “lâminas” de fluido a mover-se numa mesma direção; viscosidade cinemática que é obtida dividindo a absoluta pela massa volúmica do fluido.

São representados por  $\mu$  e  $\nu$  e as suas unidades em SI são  $\text{N}\cdot\text{s/m}^2$  e  $\text{m}^2/\text{s}$  respetivamente.

### **Turvação**

Muito utilizada em caracterização de água, a turvação representa a dificuldade da luz em penetrar no líquido, causada pelas partículas em suspensão. Medida em NTU (*nephelometric turbidity units*) é muitas vezes utilizado com um indicador de SST presentes, e como tal relacionado com o mesmo. Devido à sua fácil leitura e a esta relação com os sólidos, é dos parâmetros mais utilizados para monitorização em estações de tratamento de águas residuais [2,9].



## ii. Características químicas

### Carência bioquímica de oxigênio

A carência bioquímica em oxigênio, ou CBO, é o indicador de poluição orgânica biodegradável mais utilizado. Permite avaliar a contaminação orgânica que, se elevada, facilita a proliferação de micro-organismos nas águas [10]. Por definição, o CBO *standard* ou CBO<sub>5</sub>, é a quantidade de oxigênio consumida pelos micro-organismos para oxidação de matéria orgânica, ao longo de 5 dias, a 20 °C. É normalmente dado em mgO<sub>2</sub>/l.

É de notar que nem toda a matéria orgânica é oxidada durante estes 5 dias, podendo o CBO ser medido para temperaturas e tempos diferentes. Para obter um valor mais preciso da quantidade de matéria orgânica é feito o teste com 20 dias de incubação, passando assim a ser chamado de CBO<sub>20</sub> ou CBO<sub>u</sub>.

Embora vastamente utilizado, este parâmetro apresenta várias limitações. A amostra a analisar necessita de uma concentração elevada de biomassa de raiz, e de nutrientes suficientes, permitindo a atividade metabólica dos micro-organismos. Se tal não for o caso, anteriormente à execução do teste de CBO, é necessário adicionar nutrientes ou proceder à inoculação da amostra com micro-organismos [2].

Embora fácil de interpretar, o parâmetro CBO requer alguma precaução. O oxigênio pode não ser apenas consumido para a oxidação de compostos orgânicos, mas também para nitrificação. Se bactérias nitrificantes, capazes deste processo estiverem presentes, os resultados podem ser mal interpretados, determinando uma presença de matéria orgânica mais elevada do que a real.

### Carência química de oxigênio

Semelhante ao CBO, o CQO permite avaliar a quantidade de compostos orgânicos na água. Porém, é definido como o oxigênio consumido na oxidação química por dicromato de potássio, de toda a matéria orgânica presente. Para uma mesma amostra, os valores de CQO são normalmente superiores aos de CBO pois o dicromato de potássio oxida quimicamente, não fazendo distinção entre matéria orgânica biodegradável e não biodegradável. No caso de todos os compostos orgânicos serem biodegradáveis, dado tempo suficiente e sem presença de bactérias capazes de nitrificação, os valores de CBO seriam os mesmos que os de CQO.

A razão entre estes dois parâmetros permite avaliar a biodegradabilidade da matéria orgânica presente na água, e consequentemente, de acordo com a tabela seguinte, avaliar se o tratamento secundário é o adequado [10].

Tabela 2.2 - Avaliação de biodegradabilidade com a razão CQO/CBO

Valor CQO/CBO	Biodegradabilidade	Observações
Menor que 2,5	Fração biodegradável é elevada	Indicado para tratamento biológico
Entre 2,5 e 4	Fração inerte não é elevada	Estudar a viabilidade de tratamento biológico
Maior que 4	Fração inerte é elevada	Indicado para tratamento físico-químico

## pH

O pH, ou potencial hidrogeniônico, é talvez o parâmetro mais conhecido, utilizado para caracterizar água. É definido como o inverso do logaritmo na base 10, da concentração iões de hidrogénio positivos. Permite avaliar a acidez ou alcalinidade de um líquido, numa escala de 0 a 14, sendo o valor neutro, o de água pura a 25°C, 7.

Embora simples, é um parâmetro importante de controlar. Pode, se não controlado, inibir reações importantes como a formação de hidróxido de ferro na coagulação, ou ainda, inibir o desenvolvimento de biomassa em tratamentos secundários.

## b) Tratamento de águas residuais

O tratamento de água tem como objetivo modificar algumas das características do líquido de forma a permitir o seu retorno sem consequências ao meio recetor. É uma preocupação relativamente recente, não tendo mais que 200 anos. O desenvolvimento da área foi impulsionado pela crescente preocupação ambiental e avanço tecnológico.

Embora o foco principal do processo seja a qualidade do líquido, o seu tratamento produz resíduos sólidos e gasosos (eg. Gradados, lamas, gases) que também necessitam, por sua vez, de tratamento. Com isto em mente, uma ETAR é conceptualizada em 3 linhas de tratamentos diferentes, a sólida, a líquida e a gasosa [2].

### Tratamento da fase líquida

A depuração da fase líquida depende da natureza do afluente a tratar e do meio recetor onde será descarregado. O tratamento de águas residuais normal pode ser dividido em 5 etapas [10]. O pré-tratamento ou tratamento preliminar, o tratamento primário, o secundário, o terciário e a desinfecção. Todas estas etapas partilham um mesmo objetivo final, assegurar a descarga de forma a não influenciar negativamente o ambiente ou até reutilizar o efluente tratado.

O pré-tratamento consiste em várias operações unitárias como equalização, gradagem, desarenamento e remoção de óleos e gorduras. O objetivo desta etapa é a remoção de sólidos

de maiores dimensões, areias e gorduras com o intuito de proteger os órgãos de tratamento a jusante.

O tratamento primário procura retirar sólidos de menor dimensão, normalmente em suspensão. Esta etapa é regularmente efetuada por sedimentação ou por flotação. Neste tratamento pode já existir adição de reagentes como coagulantes ou floculantes, tornando este um tratamento primário avançado.

O tratamento secundário é normalmente assegurado por mecanismos biológicos, em que biomassa remove matéria orgânica, tanto dissolvida como suspensa. É, porém, regularmente, acoplado um órgão (e.g. clarificador secundário) que procura separar os flocos criados pelos reatores biológicos. Alguns sistemas não necessitam de ser acoplados a clarificadores secundários, como processos de tratamento por biomassa fixa. Em alguns países, no final deste tratamento, o efluente deve já respeitar a legislação de descarga no meio recetor.

O tratamento terciário é mais comum em zonas com meios recetores sensíveis. Procura remover nutrientes e até recuperar os mesmos para valorização.

A desinfecção, o último passo, tem como objetivo a remoção de microrganismos patogénicos para reutilização da água.

A Tabela 2.3 sumariza as etapas de tratamento.

Tabela 2.3 - Tratamentos de uma ETAR

<b>Etapas de tratamento</b>	<b>Objetivo de remoção</b>
<b>Preliminar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sólidos de grandes dimensões e de densidades elevadas ou baixas</li> </ul>
<b>Primário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sólidos suspensos</li> </ul>
<b>Secundário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CQO e CBO associado a matérias orgânicas suspensas e dissolvidas</li> </ul>
<b>Terciário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutrientes (azoto e fósforo)</li> </ul>
<b>Desinfecção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organismos patogénicos</li> </ul>

### **Tratamento da fase sólida**

Ao longo da linha líquida, são separados sólidos que, por sua vez, necessitam de tratamento. Existem dois tipos de sólidos que são recuperados, distinguindo-se pela sua origem. Os provenientes de gradagens, tamisagens ou remoção de areias são considerados resíduos contaminados, e consequentemente enviados para aterro. Todavia, se devidamente limpas, as areias podem também ser valorizadas. Os sólidos resultantes do tratamento primário e secundário são considerados resíduos para valorização, vulgarmente conhecidos como lamas. O circuito de sólidos consiste no tratamento destas lamas, para que respeitem determinadas características, permitindo a sua valorização como fertilizantes agrícolas. A elevada quantidade de matéria orgânica permite um tratamento biológico por digestão anaeróbia (eg. Digestão mesofílica a 35°C com produção de biogás) sendo também possível tratamentos biológicos mais desenvolvidos jogando com recirculações em zonas aeróbias, anóxicas e anaeróbias.

O transporte do resíduo valorizado é normalmente feito por galerias, pelo que necessita de ser estabilizado, com reagentes, e concentrado. Este processo é feito em duas etapas: um espessamento, muitas vezes feito no próprio tratamento primário, concentrando as lamas até cerca de 4-5% de sólidos em peso; uma desidratação, com filtros prensa, de bandas ou centrífugas, sendo estas últimas mais utilizadas em estações de grandes dimensões, permitindo a desidratação até uma concentração de 20 a 30% de sólidos. Este processo gera por sua vez, resíduos líquidos, as escorrências. Este resíduo requer tratamento, sendo encaminhado normalmente para a cabeça da ETAR.

### **Tratamento da fase gasosa**

A matéria orgânica e atividade biológica libertam, no entanto, uma quantidade significativa de gases, provocando maus odores ou até prejudicando o ambiente próximo o que leva à necessidade de tratamento de gases. São gerados em diversas partes das ETAR, principalmente no tratamento primário e de lamas. O circuito de gases visa principalmente a desodorização e neutralização de gases que possam ser nocivos como o ácido sulfídrico.

O reaproveitamento de energia por biogás também é uma prática comum, transformando o metano numa fonte de energia elétrica e térmica para uso próprio ou venda, valorizando também os gases produzidos.

Como o nome o indica, uma ETAR tem como objetivo o tratamento e descarga de águas tratadas. Porém consiste em muito mais do que isso, pois da linha líquida nascem duas outras, fase sólida e gasosa, das quais a líquida está dependente. A relação entre estas 3 fileiras de tratamento depende de como a estação é planeada. A conjugação destas 3 linhas é assim um fator que condiciona fortemente a eficiência do tratamento da ETAR.

### **c) ETAR de Alcântara**

Este subcapítulo visa descrever brevemente e de forma simplificada todo o processo feito na estação de Alcântara. Os diferentes órgãos de tratamento utilizados serão apresentados, permitindo um melhor enquadramento do órgão a otimizar na instalação. Todo este capítulo é baseado no manual de instruções de funcionamento e de manutenção da ETAR de Alcântara [11]. Especial atenção será tomada para o tratamento primário e aos MULTIFLO pois é o objeto de estudo deste trabalho. Para dar uma ideia do “caminho” tomado durante o tratamento, a Figura 2.3 ilustra a estrutura do processo e da ETAR, tal como a relação entre órgãos de tratamento.

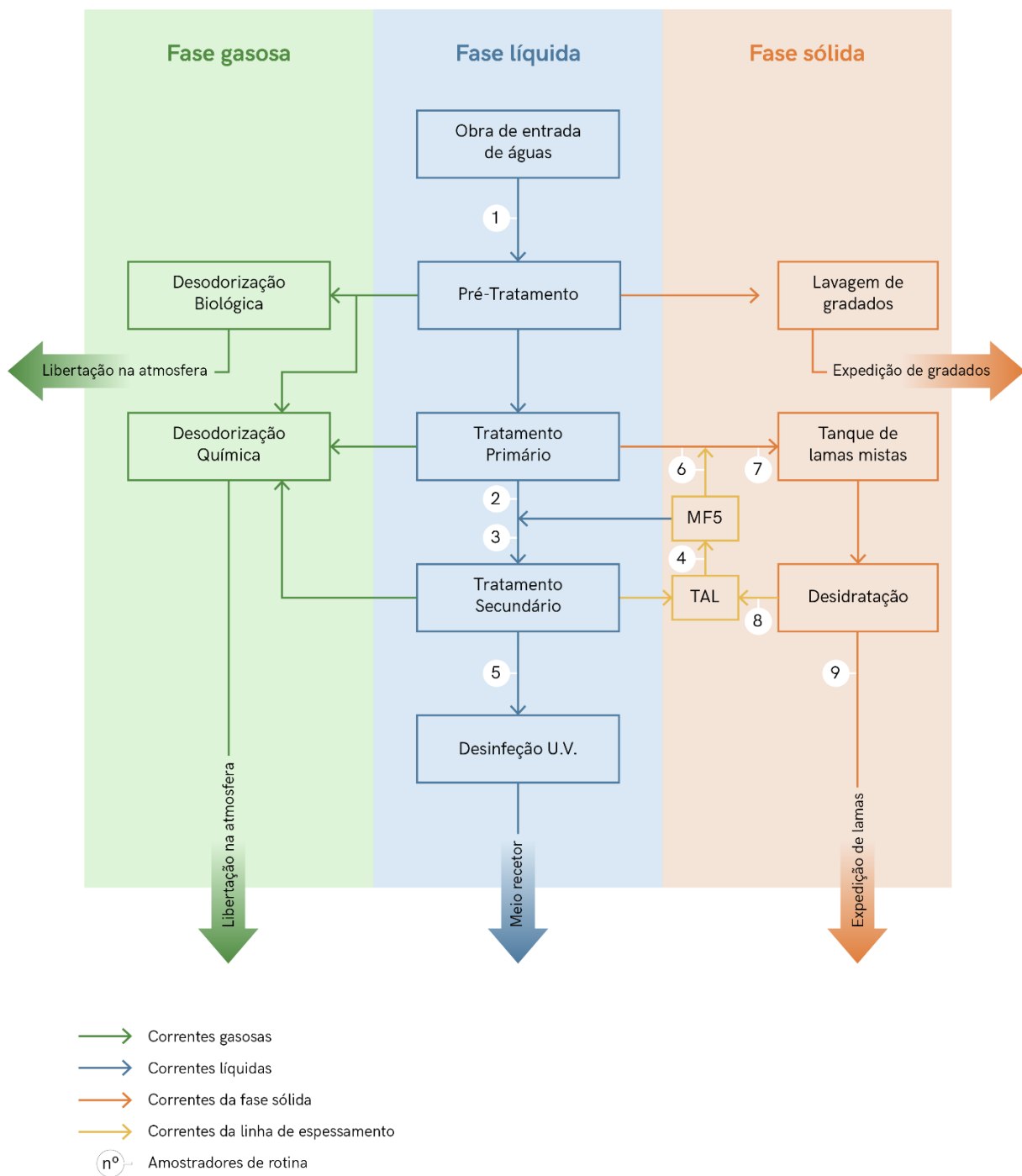


Figura 2.3 - Esquema das três fileiras de tratamento na ETAR de Alcântara

## **i. Obra de entrada e pré-tratamento**

### **Receção de águas residuais do caneiro de Alcântara**

O caneiro de Alcântara acompanha a avenida de Ceuta, sendo as águas residuais desviadas para a ETAR de Alcântara. A entrada das águas do caneiro para a estação é feita graviticamente por dois canais de ligação de secção 3,0 x 2,5 m. Cada um com duas válvulas murais. Os dois canais unem-se, para em seguida se dividirem, em dois outros canais, de tamanhos iguais, mas estando um ligado ao poço de grossos, e o outro diretamente à gradagem, fazendo *by-pass* ao primeiro processo.

### **Receção de águas residuais das estações elevatórias**

Os interceptores ao longo da zona de Santa Apolónia até Belém recolhem as águas residuais das respetivas zonas, e as estações elevatórias bombeiam as águas até à estação elevatória 3. Desta, a bombagem das AR é feita para a ETAR através de uma conduta de diâmetro nominal de 1,2m, descarregando na câmara de alimentação à gradagem, ou diretamente à câmara de elevação inicial.

### **Poço de grossos**

O poço de grossos é a primeira etapa do tratamento ao qual a água é submetida. Retém os sólidos de maior dimensão, tendo posteriormente que ser retirados com uma colher mecânica com capacidade de 1,5m<sup>3</sup>. Após recolhidos, os sólidos são depositados em contentores adequados e são considerados gradados. O poço de grossos tem um volume de 400m<sup>3</sup> e um tempo de retenção entre 1 a 5 minutos.

### **Gradagem**

A gradagem é feita em duas etapas:

- Gradagem grossa, feita através de grades rotativas em 3 canais, com um espaçamento entre barras de 60mm;
- Gradagem fina, feita através de 3 canais com um tamizador de tambor rotativo cada, com espaçamento de 6mm;

Um sistema de transporte leva gradados até contentores para posterior expedição.

### **Elevação inicial**

A elevação inicial de 7,19m é feita numa só etapa. É assegurada por parafusos de Arquimedes com 2,5m de diâmetro e 17,29 de comprimento (3 + 1 de reserva). Estão equipados com motores de velocidade variável com uma capacidade unitária de 2,20m<sup>3</sup>/s.

Para evitar acumulação de areias, a soleira da elevação inicial é inclinada, e a câmara de aspiração de um dos parafusos encontra-se 10cm abaixo dos restantes.

### **Desarenamento e desengorduramento**

Nesta etapa do processo são removidas areias e gorduras. Existem 6 desarenadores/desengorduradores retangulares na estação, que funcionam em paralelo. Cada um está equipado com uma ponte raspadora com raspador de superfície e uma bomba submersível para aspirar areias.

As gorduras são removidas por flotação assistida por injeção de ar no fundo do órgão, raspadas pela ponte raspadora para uma caleira entre cada dois desarenadores/desengorduradores, e encaminhadas para um tanque de gorduras.

As areias sedimentam no fundo e são aspiradas por bombas submersíveis. São bombeadas para uma caleira que estabelece a ligação aos dois lavadores de areia COANDA. A matéria orgânica separada da areia é conduzida à elevação inicial e as areias descarregadas em contentores próprios para o efeito.

## **ii. Tratamento primário**

O tratamento primário é dividido em duas linhas: uma de tempo seco, com caudal máximo de 3,3m<sup>3</sup>/s, composta por 4 MULTIFLO funcionando em paralelo; uma de tempo húmido, com caudal máximo de 3,3m<sup>3</sup>/s, composta por 2 ACTIFLO, também em paralelo.

### **MULTIFLO**

O MF é uma tecnologia da Veolia (Figura 2.4) que faz decantação avançada e assistida por lamelas instaladas em configuração contracorrente. A função das lamelas é explicada em maior detalhe juntamente com os mecanismos de coagulação-floculação. Cada MF tem 3 câmaras: uma de coagulação, uma de floculação e uma sedimentação. Cada um está equipado com uma bomba de extração de lamas, uma de recirculação, e uma de reserva, excluindo o MF 4 que tem uma bomba extra de reserva. A recirculação não é feita, enviando toda a lama produzida para o tanque de lamas mistas.

Cada MF tem um volume total de  $106\text{m}^3 + 448\text{m}^3 + 2023\text{m}^3 = 2577\text{m}^3$  cada parcela representando a câmara de coagulação, a de floculação e de decantação, respetivamente. O órgão tem uma área de decantação de  $231\text{m}^2$  e uma carga hidráulica ao espelho de água dimensionada para  $9,25\text{m}/\text{h}$ , ao caudal médio e  $12,8\text{m}/\text{h}$  ao caudal máximo. As lamelas instaladas nos MF1-3, fornecidas pela Finaxo, são em poliestireno de alto impacto, com um espaçamento de  $80\text{mm}$  e uma inclinação de  $60^\circ$ . O MF4 tem lamelas fornecidas pela Haironville, em PVC, com um espaçamento de  $75\text{mm}$  com uma mesma inclinação.

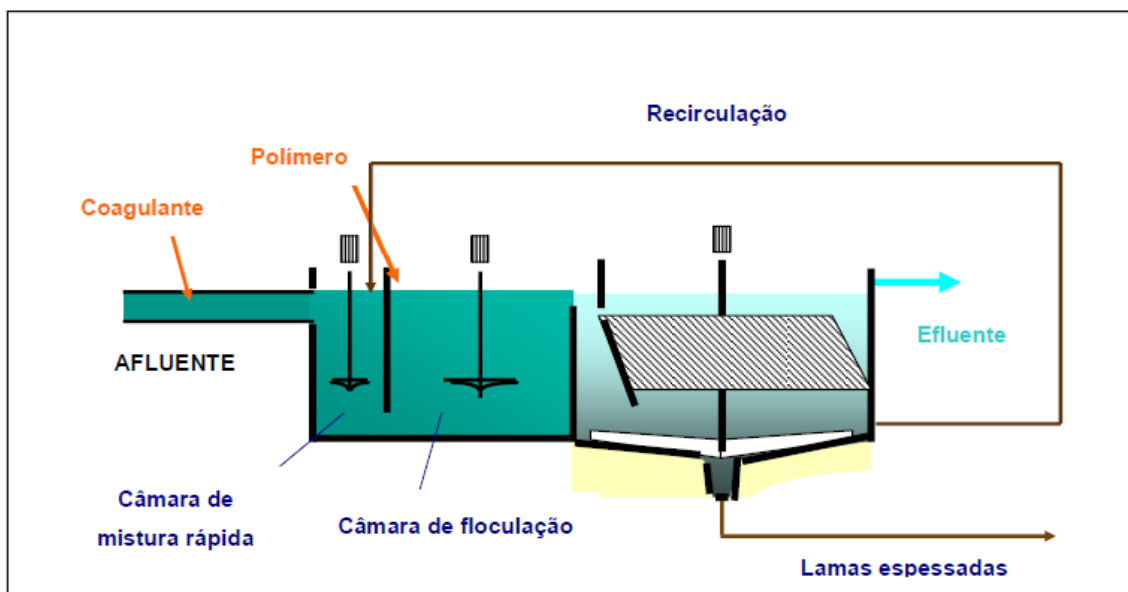


Figura 2.4 - Decantador MULTIFLO, Veolia [11]

## ACTIFLO

O AF é outra tecnologia também patenteada pela Veolia (Figura 2.5). Efetua igualmente decantação avançada e assistida por lamelas instaladas em configuração contracorrente, diferindo na adição de núcleos de balastro, micro-areia com diâmetro efetivo de  $130$  a  $150\ \mu\text{m}$ . Apenas equipado com uma bomba de extração e uma de reserva, é acompanhado por um hidrociclone para separação da micro-areia das lamas produzidas, de modo a reaproveitar a micro a areia.

Com uma câmara extra para adição dos núcleos de balastro (microareia), o AF tem um volume de  $101\text{m}^3 + 101\text{m}^3 + 241\text{m}^3 + 350\text{m}^3 = 793\text{m}^3$ , cada parcela sendo o volume de cada câmara. Com uma área total de  $63,76\text{m}^2$ , permite obter elevadas eficiências, com uma carga hidráulica máxima de aproximadamente  $120\ \text{m}/\text{h}$ . As lamas produzidas não são espessadas, necessitando de um outro órgão para este efeito. As lamelas instaladas em ambos os AF são iguais às do MF4



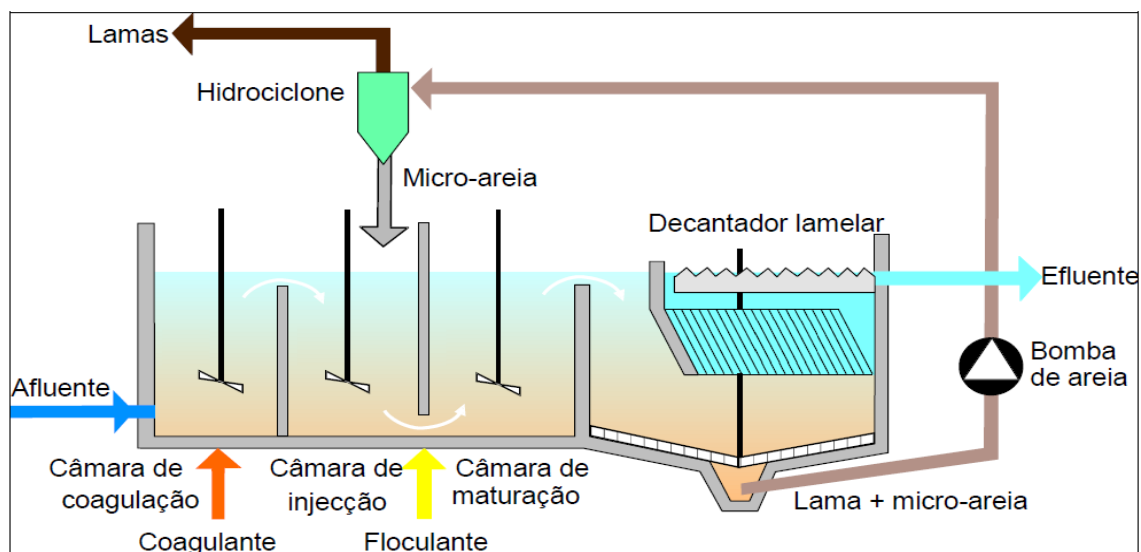


Figura 2.5 - Decantador ACTIFLO, Veolia [11]

### Espessamento de lamas

O espessamento de lamas não é tratamento primário, porém é apresentado em conjunto com este pois o órgão que faz este processo é um MF de características semelhantes aos da linha de tempo seco.

O MF5 é a única instalação da linha de espessamento. Em caso de avaria, o MF4 substitui-o, efetuando o espessamento. As características são em tudo idênticas ao MF4, diferindo apenas no afluente.

Espressa as lamas dos AF em tempo húmido e lamas secundárias, juntamente com as escorrências das centrífugas, provenientes do tanque de águas de lavagem. Uma vez espessadas, são misturadas às lamas primárias no tanque de lamas mistas.

### Reagentes

Todo o tratamento primário é coadjuvado por tratamento físico-químico. Se a turvação passar de um *set-point* definido (80 para dosagem baixa e 150 para alta) são adicionados reagentes, coagulante e floculante. O coagulante, cloreto férrico, é fornecido sob a forma de um líquido, de densidade 1,42, com um teor em ferro de 13,8%. O floculante, polímero aniônico, é fornecido sob a forma de um pó, sendo transportado em “big-bags” com uma pureza de 100%. É necessário preparar a solução de polímero, ficando esta com uma concentração de 2g/L.

O efluente de todos os MF do tratamento primário é reunido num canal e segue para a estação elevatória intermédia.

### **iii. Tratamento secundário**

#### **Estação elevatória intermédia**

A elevação intermédia eleva as águas do tratamento primário para o tratamento secundário. É feita por 5 (4+1) bombas submersíveis, que confluem numa tubagem em PRFV de diâmetro nominal 1,4m. Esta tubagem divide-se em duas tubagens de menor diâmetro, 1,2m, conduzindo cada uma para uma bateria do tratamento secundário. Apenas 3 das 5 bombas estão equipadas com variador de caudal, podendo proporcionar um caudal máximo de 14724m<sup>3</sup>/h.

#### **Tratamento biológico**

O tratamento secundário da ETAR de Alcântara é através de uma biofiltração com biomassa fixa, assegurado por 15 BIOSTYRs (tecnologia da Veolia).

É dividido em duas baterias, com os primeiros 8 BFIs pertencem à primeira bateria, e os restantes 7 à segunda. Cada BIOSTYR efetua uma lavagem por dia, e se necessário para evitar colmatção excessiva, mini-lavagens adicionais. A área de cada célula é de 215m<sup>2</sup>, totalizando 3225m<sup>2</sup> de área de filtração. O meio filtrante ao qual se fixa a biomassa é constituído por esferas de poliestireno, com 4.5mm de diâmetro, somando no total 11288m<sup>3</sup> de volume de meio.

As águas das lavagens ou das mini lavagens são consideradas lamas secundárias, ou biológicas, e são encaminhadas durante a lavagem, para um tanque de águas de lavagem. O TAL também recebe as escorrências das centrífugas, e está equipado com agitadores, de modo a evitar deposição dos sólidos em suspensão. Este tanque tem um volume de 4469m<sup>3</sup> e bombas que encaminham as lamas para o espessador com um caudal de 2000m<sup>3</sup>/h.

Após a biofiltração, o efluente já se encontra conforme as VLE's de descarga, não necessitando de mais tratamento.

### **iv. Tratamento de lamas**

#### **Tanque de lamas espessadas**

Também chamado tanque de lamas mistas, reúne lamas primárias e secundárias antes da desidratação mecânica. A alimentação deste tanque passa por um tamizador de lamas, com capacidade de 250m<sup>3</sup>/h e com um espaçamento de 6mm entre barras. O tanque, com um volume de aproximadamente 2400m<sup>3</sup>, assegura um tempo de retenção de 12h. Está equipado com dois agitadores submersíveis para evitar sedimentação por compressão.

### **Elevação de lamas para a desidratação**

As centrífugas são alimentadas diretamente a partir de TLM através de bombas de parafuso excêntrico. Estão instaladas 4 bombas, com caudal unitário de 30 a 100m<sup>3</sup>/h.

### **Desidratação de lamas**

A desidratação das lamas na estação é feita mecanicamente, por centrífugas instaladas sobre a cobertura do próprio tanque de lamas mistas. As quatro centrífugas estão divididas em dois grupos, a desidratação para norte (galeras) e a desidratação para sul (silos).

A adição de um polielectrolito catiónico é feita à entrada de cada centrífuga, para promover a captura de sólidos e a robustez dos flocos de lama desidratada.

### **Estabilização e armazenamento das lamas**

Para evitar a fermentação das lamas desidratadas é adicionada cal viva. Cada grupo de centrífugas (norte e sul) tem um silo de armazenamento de cal. Por sua vez, cada linha tem instalado equipamentos para elevação e mistura da cal com as lamas desidratadas, com possível adição de polielectrolito para permitir melhor escoamento das lamas.

O armazenamento das lamas é feito consoante o sentido de desidratação.

Para sul, o armazenamento é feito em 3 silos, de 250m<sup>3</sup>, 125m<sup>3</sup> e 125m<sup>3</sup>, perfazendo um total de 500m<sup>3</sup>.

Para norte, o armazenamento é feito em galeras, dependendo da quantidade de galeras disponíveis.

## **v. Tratamento de gases**

O tratamento de gases é feito por duas vias distintas. Uma química e uma biológica, sendo esta última reservada à obra de entrada.

### **Via química**

Os gases formados na ETAR são antes extraídos por uma rede de tubagens de ventilação em polipropileno, que se estende da obra de entrada até ao tratamento de lamas. A rede de extração aflui a uma câmara própria para o efeito, o chamado “pleno de ar” onde dois ventiladores centrífugos aspiram o ar a tratar.

O tratamento é feito por duas linhas distintas com 4 torres cada. As torres, construídas em PRFV, funcionam de forma idêntica entre linhas. A primeira torre efetua uma lavagem ácida, eliminando compostos azotados. A segunda e terceira são torres básicas e oxidantes, eliminando os sulfuretos de hidrogénio e os mercaptanos. A última torre é redutora, eliminando aldeídos, ácidos, cetonas, e resíduos de reagentes.

### **Via biológica**

O sistema de desodorização biológico é um reforço do sistema de tratamento químico. Na zona da obra de entrada, um ventilador centrífugo aspira os gases, que são posteriormente humidificados numa torre. O ar poluído humidificado é enviado para uma bacia em polietileno de alta densidade, onde têm que passar por um filtro de biomassa fixa em Urze, que faz o tratamento do ar.

Em caso de necessidade, a torre de humidificação está equipada para efetuar um tratamento químico de lavagem ácida.

### **d) Mecanismos de tratamento primário e espessamento em Alcântara**

Como mencionado, o Tratamento primário e espessamento em Alcântara é assegurado pelos MULTIFLO e ACTIFLO. O presente capítulo centra-se na explicação detalhada dos mecanismos responsáveis pelo funcionamento destes órgãos. Ambos fazem tratamento primário avançado, com adição de reagentes químicos e com lamelas.

Os dois decantadores, já descritos no capítulo anterior, podem ser visualizados na Figura 2.4 e na Figura 2.5.

### **i. Coagulação**

O objetivo desta etapa é a destabilização de partículas coloidais em suspensão para permitir a sua agregação. No caso da decantação, este processo, normalmente feito com a adição de metais inorgânicos [12], permite aumentar a eficiência de remoção de sólidos suspensos, podendo, porém, ser também utilizado como preparação para outros tratamentos (filtração) [13]. A coagulação vai permitir que pequenos flocos se possam agregar de maneira a diminuir significativamente o tempo de sedimentação como é observável na tabela seguinte.

Tabela 2.4 - Velocidade de sedimentação por tamanho de partícula

Tipo de partícula	Diâmetro	Velocidade de sedimentação	
	mm	(m/s)	Equivalente a
Areia grossa	1	0,23	-
Areia fina	0,1	$1 \cdot 10^{-2}$	0,6 m/min
Argila	0,01	$1 \cdot 10^{-4}$	8,6m/dia
Coloide fino	0,0001	$1 \cdot 10^{-8}$	0,3m/ano
Coloide muito fino	0,00001	$1 \cdot 10^{-13}$	3m/milhão de anos

Segundo a teoria DLVO (Derjaguin, Landau, Verwey e Overbeek), a estabilidade de partículas em suspensão depende de duas forças opostas. Nomeadamente uma atrativa, a força de Van der Waals, e uma força de repulsão, causada por electroestática. Para uma suspensão coloidal estável as forças de repulsão são as mais elevadas. Ao combinar ambas as forças sob uma energia de interação, obtém-se a curva da Figura 2.6, da teoria DLVO [8,14].

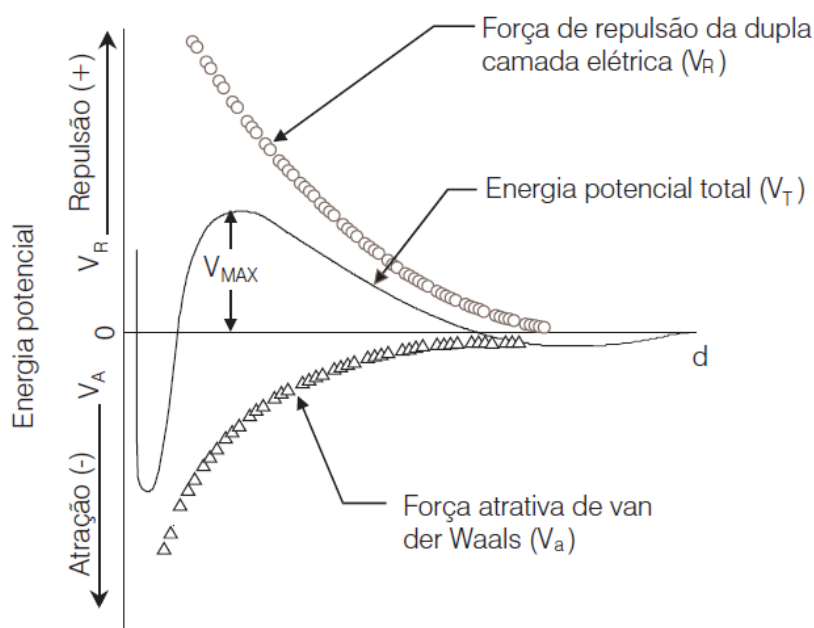


Figura 2.6 - Forças de atração e repulsão entre partículas [14]

Observa-se que à medida que a distância entre partículas diminui, ambas as forças aumentam. Existe uma barreira energética que é necessária vencer para a força atrativa ser mais importante. A destabilização coloidal procura permitir que os coloides passem a tal barreira para formarem agregados, o que pode ser atingido de diversas maneiras: a adsorção de metais hidrolisados e consequente neutralização de carga da partícula; a redução do volume da camada difusa por adição de iões à solução; a adsorção e formação de cadeias poliméricas por metais hidrolisados, que formam pontes, agregando e arrastando várias partículas; a captura e subsequente arrastamento dos coloides por formação de redes de precipitados [15,16].

A escolha do reagente a utilizar depende de diversos fatores, mas a sua eficiência de coagulação vai depender da valência do catião utilizado. Segundo a regra de Schulze-Hardy a concentração requerida de reagente vai seguir a equação [17]:

$$C_{req} = \frac{\text{constante}}{Z^6} \quad (2.1)$$

$C_{req}$  é a concentração necessária de reagente, e  $Z$  a valência do catião. A consistente confirmação desta regra leva a uma maior utilização de dois tipos de coagulantes, sais férricos e alumínicos de maior carga catiónica.

Para evitar desperdícios de reagentes na coagulação, o controlo de alguns parâmetros como o pH e a dispersão homogénea na solução é necessária.

O pH ótimo dos reagentes corresponde normalmente a solubilidade mínima do metal hidrolisado, de forma a assegurar a precipitação dos mesmos, não perdendo um dos mecanismos de destabilização. O pH ótimo da coagulação vai depender da influência que este tem sobre a sua dupla camada, correspondendo ao ponto isoelétrico. O pH objetivo da operação vai ser então um compromisso entre os dois pHs ótimos.

Para assegurar uma boa dispersão do coagulante, uma forte agitação é utilizada nas câmaras de coagulação ou câmaras de mistura rápida. É também uma prática comum a adição do reagente diretamente na tubagem afluenta de modo a garantir a homogeneidade.

Outros parâmetros como a concentração de sólidos suspensos ou a temperatura da água podem ter efeitos na coagulação, como a diminuição da velocidade de reação (baixas temperaturas) [2].

## ii. Floculação

Efetuada normalmente após a coagulação, a floculação procura aumentar o tamanho dos flocos facilitando a sua remoção por força da gravidade (decantação) ou pelo seu diâmetro (filtração). Existem dois tipos de floculação, microfloculação e macrofloculação, a diferença está na dimensão das partículas tratadas. A microfloculação, também conhecida como floculação pericinética aplica-se a partículas na gama entre 0.001 a 1  $\mu\text{m}$ , e é causada pelos movimentos brownianos do líquido que agrega partículas entre si. É normalmente feita no seguimento da destabilização coloidal mencionada na coagulação. A macrofloculação, ou ortocinética, aplica-se a partículas de dimensões superiores a 1  $\mu\text{m}$ , e é induzida por gradientes de velocidade ou sedimentação a diferentes velocidades.

O gradiente de velocidade é definido como as diferenças de velocidade em diversos pontos do fluido. Partículas menores movimentam-se mais rápido do que as de maior dimensão e uma vez feita a colisão, existe agregação das duas. Na câmara de floculação, o gradiente é induzido pela agitação e definido pela equação seguinte:

$$G = \sqrt{\frac{P}{V * \mu}} \quad (2.2)$$

Na equação, G o gradiente em  $s^{-1}$ , P a potência em Watts, V o volume de líquido e  $\mu$  a viscosidade dinâmica em  $N.s/m^2$ . Embora o objetivo seja causar colisões entre partículas, é também necessário ter atenção para que os flocos já formados não se quebrem. É então, até certo ponto, possível manipular a dimensão das partículas alterando o gradiente imposto na água. Este é um indicador de que as partículas estarão a colidir pois é proporcional à taxa de colisões.

Juntamente com o último, o tempo de contacto é fundamental nesta etapa. A conjugação do gradiente de velocidade com o tempo de contacto é proporcional ao número de colisões sendo assim indispensável de controlar.

Tanto o gradiente de velocidade como o tempo de contacto são parâmetros a controlar também no passo da coagulação. Nessa etapa, o gradiente é mais elevado devido a não existir necessidade de não quebrar flocos. As gamas normais para os processos de coagulação e floculação, para a ETAR de Alcântara são apresentados na Tabela 2.5. Estes valores são calculados admitindo uma temperatura do 20°C, resultando numa viscosidade de 0,0010005  $N.s/m^2$ .

Tabela 2.5 - Gama de valores de Tempo de contacto e Gradiente de velocidade em coagulação e floculação, adaptado de Metcalf [2]

Processo	Etar de Alcântara		Gama de valores	
	Tempo de contacto	Gradiente	Tempo de contacto	Gradiente G
Coagulação	180 s	190	5-30 s	500-1500
Floculação	15 min	70	30-60 min	50-100

Observa-se que o gradiente da coagulação em Alcântara é reduzido em relação à gama normal, porem o tempo de contacto é muito superior, permitindo o número de colisões adequado.

Para tornar o processo mais eficiente, podem também ser adicionados reagentes conhecidos como floculantes. Estes vão formar flocos mais volumosos e pesados, permitindo uma melhor separação. Os floculantes podem ser naturais como algumas argilas ou sílicas, ou ser sintéticos, como polieletrólitos, os mais utilizados na indústria. Na escolha do polieletrólito é importante ter em consideração as propriedades da água a tratar de modo a escolher o reagente ideal.

### iii. Sedimentação

A última câmara do MF é a câmara de sedimentação. Como muitos outros processos de remoção de sólidos em águas residuais, a sedimentação baseia-se na separação gravítica de partículas, possível apenas se a massa volúmica das partículas a separar for superior à da água. A

sedimentação é separada em vários tipos, sendo estes apresentados resumidamente na Tabela 2.6 e detalhados após a mesma. [2,16]

Tabela 2.6 - Diferentes tipos de sedimentação

<b>Tipo de sedimentação</b>	<b>Descrição</b>	<b>Aplicações</b>
Sedimentação de partículas discretas	Efetuada a baixas concentrações de sólidos, as interações entre partículas são ignoradas	Remoção de areias de águas residuais
Sedimentação de partículas floculentas	Efetua-se a baixas concentrações, porém, ao agregarem-se, as partículas aumentam a sua massa volúmica e dimensão, sedimentando mais rápido	Decantação primária, e topo da decantação secundária
Sedimentação por balastro	Sedimentação que ocorre por adição de balastros, formando flocos mais pesados.	Decantação primária, ACTIFLO
Sedimentação em manto, zonada ou impedida	Ocorre numa solução de concentração intermédia. A interação entre partículas é suficiente para interferir umas com as outras	Decantação secundária
Sedimentação de compressão	Em concentrações muito elevadas de sólidos, as partículas só sedimentam por efeito do peso de novas partículas a serem adicionadas ao manto	Fundo de decantação secundária, espessamento de lamas

#### Sedimentação de partículas discretas

Se tomarmos uma única partícula e ignorarmos as interações entre partículas, a leis de sedimentação formuladas por newton e stokes aplicam-se. As forças exercidas na partícula são a força de gravitação  $F_g$ , a força de impulsão  $F_I$  e a força de atrito  $F_A$ . Combinando as duas primeiras numa só força de gravitação  $F_G$  obtemos:

$$F_G = (\rho_p - \rho_L)gV_p \quad (2.3)$$

Em que  $\rho_p$  e  $\rho_L$  são as massas volúmicas da partícula e água,  $g$  a aceleração da gravidade e  $V_p$  o volume da partícula. Se  $\rho_p > \rho_L$ , a força resultante é positiva, estando a partícula em sedimentação, caso contrário, a partícula flutuará, como acontece no processo da flotação. A outra força a que a partícula é submetida  $F_A$  depende do seu movimento e é dada pela expressão simplificada seguinte:

$$F_A = \frac{C_A A_p \rho_L v_s^2}{2} \quad (2.4)$$

Em que  $C_A$  é o coeficiente de atrito,  $A_p$  a área projetada da partícula e  $v_s$  a velocidade de sedimentação.



Como  $F_G$  e  $F_A$  são sempre forças em direções opostas, juntando todas as forças a qual a partícula é submetida, obtemos a expressão:

$$(\rho_p - \rho_L)gV_p = \frac{C_A A_p \rho_L v_s^2}{2} \quad (2.5)$$

Considerando um regime de escoamento laminar ( $Re < 2000$ ), o coeficiente de atrito é dado por  $C_A = 24/Re$ , sendo  $Re$  o número de Reynolds. Se admitirmos que a partícula é esférica, tanto o volume da partícula como a área projetada pode ser dada pelo seu diâmetro  $d$ .

$$V_p = \frac{1}{6}\pi d^3 \quad (2.6)$$

$$A_p = \frac{1}{4}\pi d^2 \quad (2.7)$$

A expressão resultante destas transformações é a celebre lei de Stokes para a velocidade de sedimentação de partículas.

$$v_s = \frac{g(\rho_p - \rho_L)d^2}{18\mu} \quad (2.8)$$

Num decantador tradicional, se a velocidade de sedimentação for superior à velocidade ascensional da água, que corresponde à carga hidráulica do órgão, o sólido irá sedimentar [16,18,19]. Observando a equação de stokes, os parâmetros que influenciam a sedimentação previamente mencionados ficam evidentes: A salinidade, por meio de aumento da massa volúmica da água ( $\rho_L$ ); por meio de temperatura, a viscosidade ( $\mu$ ), a dimensão das partículas a sedimentar ( $d$ ).

#### Sedimentação floculenta

Este tipo de sedimentação acontece quando as propriedades das partículas mudam ao longo da sedimentação, como é o caso do órgão espessador, com partículas que se agregam após os processos de coagulação e floculação. Ao aumentar a sua dimensão e massa volúmica, pela lei de Stokes, a sua velocidade de sedimentação também irá aumentar. Rege-se da mesma forma que a sedimentação de partículas discretas, com essa única mudança, a velocidade de sedimentação aumenta ao longo do tempo.

#### Sedimentação em manto

A sedimentação zonada é observável a elevadas concentrações de sólidos, quando as interações entre partículas já não são desprezáveis. A proximidade entre partículas causa uma força de atração-repulsão entre elas, mantendo uma distância fixa entre partículas, o que por sua vez provoca o efeito de sedimentação como um todo ou em manto. Existe, no entanto, um gradiente de concentrações, causado pela velocidade ascensional do fluido, sendo o manto menos concentrado à superfície. No caso da sedimentação zonada, a velocidade de sedimentação depende fortemente da concentração de SST, sendo normalmente utilizada para o dimensionamento do decantador.

### Sedimentação por compressão

Este último tipo só ocorre no fundo de processos de sedimentação. Com concentrações de sólidos muito elevadas, a sedimentação só é feita por efeito do peso de novas partículas a depositar-se na camada, não dependendo principalmente da velocidade de sedimentação. Para evitar que água fique presa entre as partículas já comprimidas, é comum utilizar-se agitação lenta ou raspadores de lama para libertar o líquido e concentrar mais as lamas.

É possível verificar mais do que um tipo de sedimentação num mesmo órgão de tratamento como evidenciado pela Figura 2.7, tal como é possível determinar a velocidade de sedimentação, observando a interface da suspensão de sólidos com líquido limpo ao longo do tempo. Essa observação é a chamada curva de kynch [16].

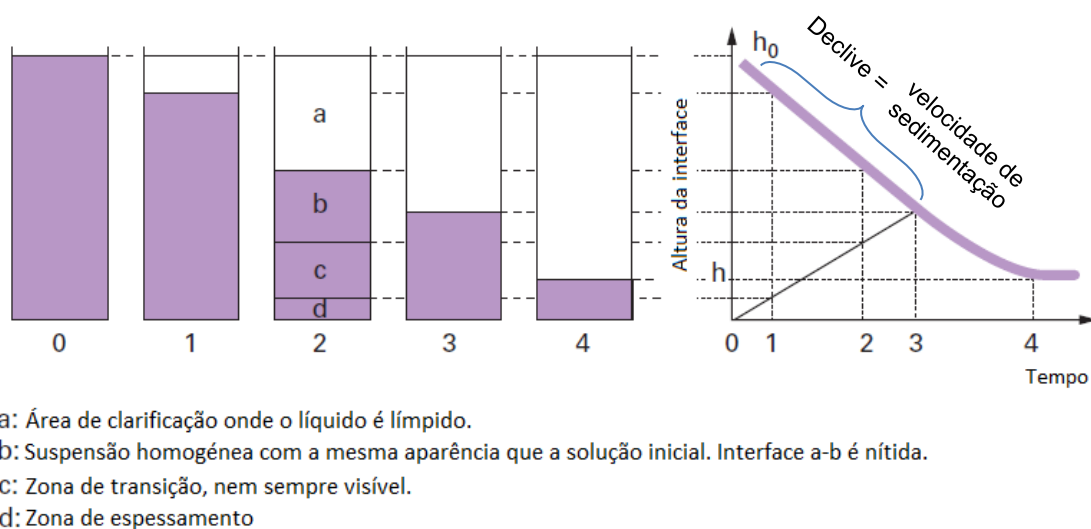


Figura 2.7 - Sedimentação e curva de Kynch, adaptado [16]

#### iv. Lamelas

Como visto previamente, a carga hidráulica ao espelho de água é um fator decisivo na sedimentação de partículas. A velocidade ascensional ( $V_a=Q/A$ ) da água pode arrastar as partículas em suspensão para o efluente, reduzindo a sua qualidade. Quanto mais área de superfície um órgão tiver, menor será a velocidade ascensional. Por esta lógica, para tratar uma maior quantidade de caudal, seria necessário aumentar a área de superfície resultando em

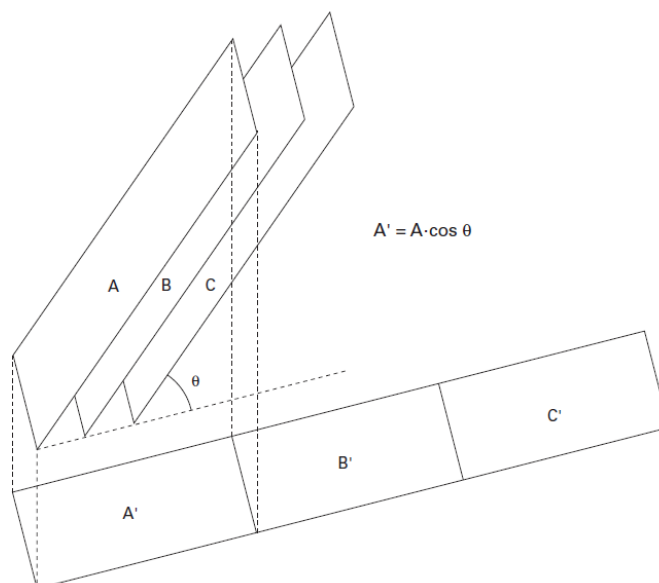


Figura 2.8 - Ilustração do aumento de área de superfície com a utilização de lamelas [16]

órgãos de grandes dimensões. A implementação de lamelas nos decantadores procura diminuir a dimensão necessária para obter uma boa eficiência, aumentando a área de superfície de contacto para decantação, Figura 2.8 [16].

Baseia-se no princípio elaborado por Hazen em 1904, onde a sedimentação de uma partícula é independente da profundidade do decantador. Aproveitando isto, são instaladas várias lamelas, aumentando a área de sedimentação, mas diminuindo a altura em que as partículas podem sedimentar como ilustrado na Figura 2.8. Assim, as lamelas são dimensionadas para que as partículas, com uma determinada velocidade de sedimentação, permaneçam tempo suficiente no interior das lamelas, para que colidam com elas, aglomerando com muitas outras partículas, e formando flocos suficientemente grandes para saírem da zona lamelar por baixo, não sendo novamente arrastados pelo fluido.

Atualmente uma variedade de tipos de lamelas estão disponíveis no mercado, variando desde a distância entre lamelas, até à forma das mesmas. São normalmente instaladas a uma inclinação de 60° para efetuarem uma autolimpeza, deixando escorrer os sólidos acumulados, e evitando entupimentos.

Com esta tecnologia, em vez de vencer a velocidade ascensional de um decantador normal, a velocidade de sedimentação de uma partícula só tem que vencer a velocidade de Hazen, dada pela expressão em baixo, para decantar:

$$V_H = \frac{Q}{n * S_L * \cos(\theta)} \quad (2.9)$$

Em que  $Q$  é o caudal de líquido,  $n$  o número de lamelas,  $S_L$  a área de superfície de cada lamela, e  $\theta$  o ângulo a que as lamelas estão instaladas [16].

### 3. Materiais e métodos de análise

#### a) Dados da linha de espessamento

O primeiro passo para a otimização de um órgão de tratamento passa pela revisão dos dados históricos disponíveis. Permite obter um historial do funcionamento, de quando o órgão poderá ter falhado e da eficiência que atingiu ao longo do tempo. Esta análise passa antes de mais, por reunir toda a informação disponível, neste caso, sobre o MF5. Foram utilizadas principalmente 3 fontes de informação diferentes:

A primeira é o manual de funcionamento que inclui os documentos de certificação do MF5 e as folhas de balanços de dimensionamento para a instalação. Os documentos serviram para rever as especificações do órgão de tratamento e verificar as diferenças físicas que o MF de espessamento tem em relação aos MF do tratamento primário. A única diferença face aos outros MF encontrada foi o tipo de lamelas. Como já especificado no capítulo precedente, as lamelas dos MF4 e MF5 são diferentes dos MF1-3.

A análise das folhas de balanço procurou ver a eficiência que se esperava do espessador, quando este foi instalado. Os dimensionamentos consideraram vários cenários, tendo sido feitos os balanços para tempo seco e de chuva, para o ano 0 e 20, para as condições de projeto. Na Tabela 3.1 estão os balanços para o tempo seco e ano 20. [11]

Tabela 3.1 - Dimensionamentos de tempo seco, ano 20, condições de projeto

Dimensionamentos TS ano 20		Entrada MF5	Saída MF5	Escorrências	Entrada MF1-4	Saída MF1-4
Sólidos	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	41 138	40 561	1 632	181 453	180 705
	Carga (kg/dia)	23 855	2 007	1 060	45 363	15 424
	SST (mg/L)	580	49 (92%)	650	250	85 (66%)

Na tabela observa-se que a eficiência de remoção esperada nos balanços de dimensionamento do MF5 é de 92%, um valor demasiado elevado e irrealista.

A segunda são os dados históricos. O controlo do efluente dos MF *in situ* é feito por sondas de turvação. São igualmente feitas amostragens regulares para controlo de processo que permitem também calibrar as várias sondas na estação. Das amostragens feitas algumas também são reportadas à APA para controlo do efluente final. No caso da ETAR de Alcântara, este controlo é feito pelo laboratório acreditado da ETAR de Beirolas. As amostras são recolhidas em locais específicos, com períodos específicos, como se pode observar na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Plano de amostragens da estação de Alcântara

<b>Local de colheita</b>	<b>Etiqueta na figura 2.3</b>	<b>Tipo de controlo</b>	<b>Tipo de colheita</b>
ALC-A-AFL	1	Bissemanal	Composta
ALC-E-DPR	2	Bissemanal	Composta
ALC-A-BFI	3	Bissemanal	Composta
ALC-R-BFI	4	Semanal	Pontual
ALC-E-EFL	5	Bissemanal	Composta
ALC-L-ESP 1-5	6	Semanal	Pontual
ALC-L-MES	7	Semanal	Pontual
ALC-R-DEC	8	Semanal	Pontual
ALC-L-DEC	9	Semanal	Pontual

As amostras bissemanais são tiradas nas terças-feiras e quintas-feiras, enquanto as semanais são apenas recolhidas nas terças-feiras. As etiquetas na Tabela 3.2 permitem identificar o local da colheita da amostra no esquema do processo da estação de Alcântara, na Figura 2.3. Faz-se ainda um controlo microbiológico à água industrial para reutilização, com contagem de bactérias coliformes termotolerantes cujas amostras são recolhidas semanalmente na terça-feira. Os pontos de amostragem não contemplam o órgão a otimizar.

A terceira e última fonte de informação da linha de espessamento vem do NAVIA. Uma plataforma para registo, planeamento e delegação de tarefas. Na plataforma, a equipa de operação regista informação pedida, por entre as quais se encontram os caudais dos diversos órgãos de tratamento. O próprio NAVIA está programado para, a partir dos caudais registados, extrapolar caudais diários, que são guardados para uma posterior consulta e análise.

As análises de rotina e as informações do NAVIA são compiladas num ficheiro disponível à equipa de exploração, onde são calculadas variáveis para controlo e avaliação do processo. Esse documento permitiu a consulta de tais variáveis para os anos 2016, 2017 e 2018.

## **b) Campanha laboratorial**

Foi prevista uma campanha de 4 semanas com o objetivo de determinar a eficiência de remoção do espessador. Foram efetuadas recolhas de amostras compostas (recolha de 2 em 2 horas durante 24h) tanto de afluente como efluente do MF5. Este tempo foi, no entanto, prolongado devido à necessidade de descartar uma amostra.

Foram recolhidas amostras compostas nos dias 14, 21 e 28 de março, 4 e 11 de abril. Os testes efetuados foram de pH, SST, SSV, SSF, CQO e CBO. As análises foram todas feitas pela equipa de qualidade e controlo do laboratório da ETAR de Beirolas, acreditado pela IPAC. As técnicas utilizadas pelo laboratório para cada análise estão apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Técnicas e Métodos de análise utilizados no Laboratório da ETAR de Beírolas

	<b>Técnica</b>	<b>Método</b>
SST	Gravimetria	PTA-02 (2015-05-12)
SSV	Gravimetria	PTA-02 (2015-05-12)
SSF	Cálculo	PTA-02 (2015-05-12)
CQO	Volumetria	ISO 6060:1989
CBO	Incubação e método eletroquímico	SMEWW 5210-B (22ª Edição)

### c) Tamanhos de partículas

Como já indicado previamente, a dimensão das partículas tem um papel importante na sedimentação. Para determinar o tamanho das partículas existem várias técnicas e equipamentos, como ensaios de peneiração, filtrações em série, espalhamento dinâmico de luz, microscopia ótica e alguns outros. O método utilizado foi a microscopia ótica pois a gama de operação desta técnica é precisamente a gama das dimensões das partículas suspensas que se encontram em águas residuais. Para além disto permite também caracterizar a forma das partículas. [20,21]

Foi utilizado o Malvern Pro Morphologi G3 (Figura 3.1), do laboratório de sintetização de polímeros do grupo de investigação LAQV/REQUIMTE, para esta determinação. Como microscópio ótico especializado na caracterização de partículas, o equipamento permite contar um número de partículas elevado de modo a obter resultados reprodutíveis e representativos.



Figura 3.1 - Microscópio Malvern Pro Morphologi G3

Como se pode ver na Figura 3.2, não foi possível analisar as partículas no líquido devido à sua cor e turvação (figura do lado direito é retocada para permitir visualização).

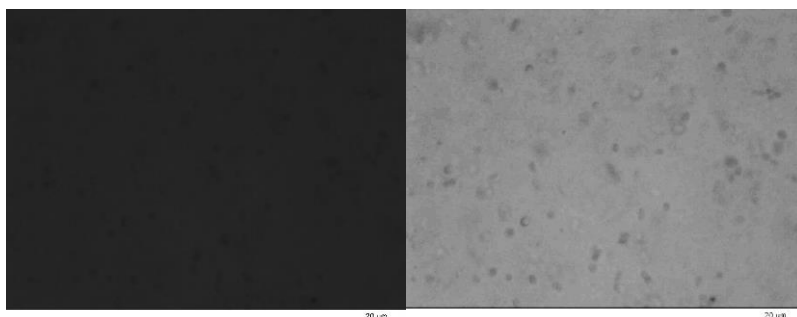


Figura 3.2 - Amostra ALC-R-BFI vista no equipamento Morphologi a x50

Idealmente seriam apenas analisados os sólidos suspensos, ou seja, retidos na filtração com dimensão de poro nominal de 0,45 micron. Porém, separar os sólidos retidos no filtro, do filtro em si, foi impossível. Foi então necessário proceder às análises de tamanho de partículas com sólidos suspensos e dissolvidos.

A secagem de partículas influencia as suas características, assim, foram utilizados 3 métodos diferentes de secagem de modo a poder compará-los [22,23]. Os métodos foram secagem em estufa (Figura 3.3), efetuado na estufa do laboratório da ETAR de Beirolas, secagem por rotavapor (Figura 3.4) e finalmente secagem num liofilizador (Figura 3.5), em colaboração com o laboratório de engenharia bioquímica do grupo de investigação UCIBIO/REQUIMTE. A liofilização é, segunda a literatura, o método que menos altera as propriedades das partículas em solução [24].



Figura 3.3 - Forno UE200, Memmert



Figura 3.4 - Rotavapor r-210, Buchi





Figura 3.5 - Liofilizador Coolsafe 110, Scanvac

#### d) Potencial zeta

O objetivo da coagulação é destabilizar as partículas sem dimensão suficiente para promover a sua aglomeração e concomitante sedimentação. Como já referido, a carga superficial das partículas, ou potencial zeta, pode ser utilizado para aferir o mecanismo da coagulação e floculação, e, por esta razão, procurou-se medir este parâmetro para os caudais de entrada e saída do MF5.

O equipamento utilizado para as medições de potencial zeta foi o STABINO PMX400 da Particle Metrix, disponibilizado pelo laboratório de investigação CERENA do Instituto Superior Técnico. Como se pode ver na Figura 3.7, e Figura 3.6 o equipamento tem um recipiente em que é introduzido um pistão, que através de um mecanismo com ímanes, oscila verticalmente, causando correntes na amostra. Os colóides fixos na parede do recipiente não são arrastados,



Figura 3.7 - STABINO Particle Matrix [25]

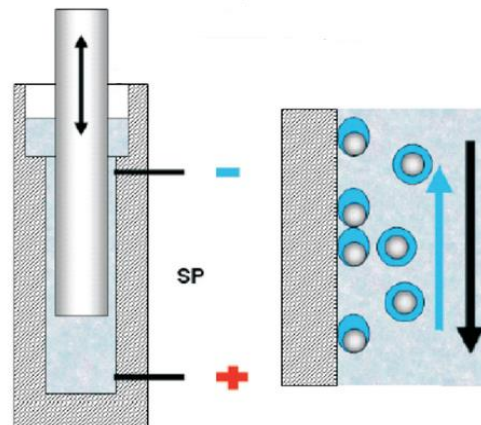


Figura 3.6 - Princípio de funcionamento PMX400 [25]

mas os iões da sua camada móvel são. O pistão não chega ao fundo do recetáculo, não tendo o mesmo efeito de arrastamento nessa zona. Assim é provocado um potencial elétrico entre o topo e o fundo da amostra, que é medido por elétrodos. Isto é ilustrado pela Figura 3.6 [25].

### e) Manto de lamas

A altura do manto de lamas é um parâmetro importante a controlar num espessador. Se for muito baixo este pode não conseguir espessar a lama para o tratamento da mesma, se for muito alto, pode influenciar a saída de SST no efluente por efeito arrastamento. Para a medição deste parâmetro o equipamento Bamo Mudline TGS (Figura 3.8), foi utilizado. Este equipamento consiste num cabo de 10 metros com um sensor de turvação e um barómetro. Uma vez que o sensor atinge o valor em NTU para o qual foi calibrado, um alarme sonoro é ativado [26]. A pressão, convertida em profundidade (m), é guardada, permitindo o cálculo da altura de manto pela equação seguinte:

$$\text{Altura de manto} = \text{profundidade do decantador} - \text{profundidade do medidor} \quad (3.1)$$

O equipamento é muito sensível de modo que foi calibrado para o o alarme disparar limite mais elevado de turvação. A altura do manto foi medida em todos os MULTIFLO da ETAR de Alcântara, tanto na linha líquida como na linha de espessamento [27].



Figura 3.8 - Bamo MudLine TGS [26]

### f) Jar tests

Um *jar test* é uma simulação das etapas de coagulação, floculação e decantação. É feito a escala laboratorial como se pode observar pelo equipamento usado, na Figura 3.9, e permite obter uma ideia do comportamento que o tratamento físico-químico tem no processo industrial, à escala real. É utilizado para estudar novos reagentes e/ou novos tratamentos químicos, determinar o doseamento ótimo, ou mesmo para controlo regular do processo. O protocolo de procedimento

*jar test* pode ser consultado no anexo A. O doseamento já foi otimizado no tratamento primário e no espessador da ETAR [28]. Neste trabalho, o *jar test* é feito no âmbito de estudar um novo método de tratamento químico. O novo método consiste em adicionar um segundo coagulante, um polímero catiónico orgânico [29]. Conhecido como “FAST” na Suécia, onde é utilizado em Nykvarn, é uma sigla para pré-sedimentação de material suspenso por doseamento triplo, sendo também conhecido como *Triple-Dosage-Method* [30,31,32]. Alguns fornecedores de reagentes como a SNF já têm produtos em que esta técnica é utilizada. Com a premissa de melhor remoção de partículas, maior robustez de floco, menor produção de lamas e diminuição do efeito de acidificação, foi feita uma primeira avaliação ao *Triple-Dosage-Method*, como tratamento físico-químico na ETAR de Alcântara



Figura 3.9 - Equipamento de *jar tests* da ETAR de São João da Talha

Com o equipamento de *jar test* disponibilizado pelo laboratório da ETAR de São João da Talha, foram testadas múltiplas dosagens variando tanto o teor de cloreto férrico como o teor em polímero catiónico. O polímero aniónico para floculação foi mantido constante e conforme a dosagem utilizada na estação de Alcântara. Os reagentes utilizados foram fornecidos pela Rivaz e SNF, e estão discriminados na Tabela 3.4, e as suas fichas de segurança no anexo C.

Tabela 3.4 - Reagentes utilizados em *jar test*

Reagente	Fornecedor	Identificador	Função
Cloreto férrico	Rivaz química	FeCl <sub>3</sub> 40% *	Coagulante
Polímero catiónico orgânico	SNF-ambientágua	Ambifloc® M 100 H	Coagulante
Polímero aniónico	SNF-ambientágua	Ambifloc® A 54 VH	Floculante

\* FeCl<sub>3</sub> é a 40 % com densidade relativa de 1,42 e viscosidade de 17 cps.

## g) Ensaaios industriais

Ensaaios industriais, são considerados todos os ensaios que são feitos a escala real, ou seja, que foram realizados nas próprias linhas de tratamento da estação. Normalmente é a última etapa na implementação de novas medidas numa instalação industrial.

### i. Ensaio industrial 1

No caso deste trabalho o primeiro ensaio industrial teve como objetivo reduzir a carga de sólidos afluente ao MULTIFLO 5. Devido à presença de escorrências das centrífugas no afluente deste órgão, uma prática pouco comum em estações de tratamento de águas, pretendeu-se num primeiro ensaio desviar esta corrente para a obra de entrada. Devido à impossibilidade deste ensaio por problemas nas válvulas de desvio do circuito das escorrências, este teste foi adiado para ser feito após a reparação das referidas válvulas.

Um outro teste foi entretanto elaborado procurando obter o mesmo efeito de diminuição de carga afluente à linha de espessamento. O MULTIFLO 4 é o órgão de substituição do MF5 em caso de avaria do mesmo. Como tal, o circuito da linha de espessamento tem possibilidade de desvio parcial para o MF4.

Decorreu durante cerca de um mês e meio entre o dia 22 de maio e 10 de julho. Consistia em dividir o caudal total entre o MF4 e MF5 em 25% e 75% respetivamente. Na parte da linha líquida foi ajustado o afluente ao MF4 para não sobrecarregar o MF5, reduzindo o caudal máximo que o órgão pode receber dos desarenadores/desengorduradores para 1500m<sup>3</sup>/h.

O controlo de caudal foi feito manualmente por regulação da abertura da válvula de entrada do MF4. Foi necessário então definir quanto da abertura daria passagem ao caudal objetivo, para tal foi utilizado um medidor de caudal portátil ultrassónico da Endress-Hauser na Figura 3.10 [9].



Figura 3.10 - Medidor de caudal ultrassónico 93T, Endress-Hauser

O dispositivo foi aulgado de forma que só foi utilizado durante uma fase inicial de 3 dias para “calibrar” a abertura necessária à percentagem de caudal desejada.

Um outro método de controlo de caudal foi utilizado, este mais teórico que o anterior. A válvula que controla o caudal utilizada neste circuito é a válvula de tipo borboleta da Erhard DN 700 PN16. A própria empresa Erhard disponibiliza gráficos do caudal de passagem consoante a abertura da válvula [33]. O gráfico é apresentado na Figura 3.11 e permitiu um controlo de caudal de maior duração, sem necessidade de equipamento extra. É de notar que o gráfico assume secção cheia.

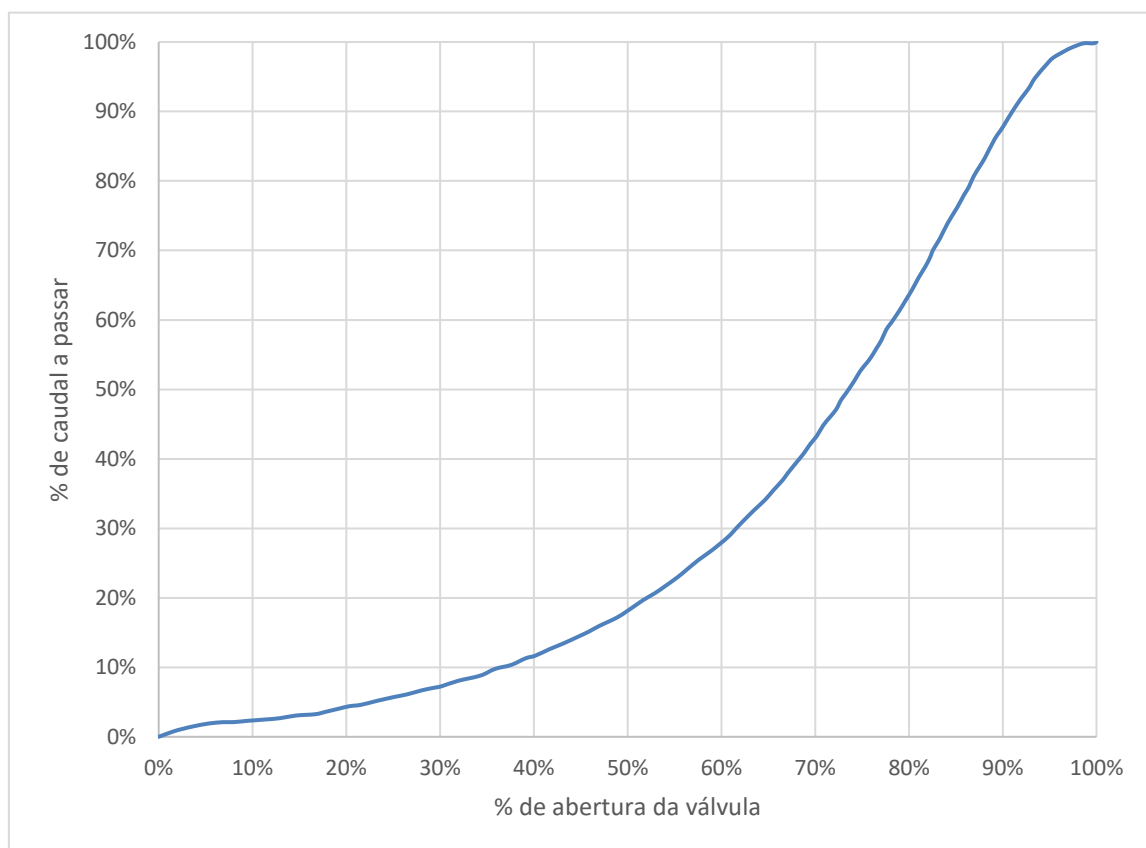


Figura 3.11 - Fluxo vs. abertura da válvula do MF4

## ii. Ensaio industrial 2

Uma vez as válvulas do circuito de escorrências reparadas deu-se início ao segundo ensaio industrial. Novamente com o objetivo de mitigar a carga afluente ao MF5, as escorrências foram desviadas para a cabeça da ETAR pelo circuito de escorrências. Um novo problema surgiu: a capacidade do circuito. O lado norte do circuito tem escoamento gravítico até à obra de entrada, com uma inclinação de 0,03%, DN200 e uma distância de 142m, não conseguindo dar vazão à totalidade do caudal de escorrências. Para contornar o problema o desvio foi limitado a cerca de

30% do caudal total, deixando os restantes 70% afluir ao MF5, reduzindo a carga afluyente ao MF5 por cerca de 5,5 ton/dia.

O controlo de caudal foi feito visualmente devido a impossibilidade de instalar um medidor de caudal no circuito.

## h) GPS-X: Construção do modelo

A modelação e simulação é uma prática muito utilizada em instalações industriais. A modelação consiste em aproximar um sistema real através de equações matemáticas, criando um modelo, enquanto uma simulação é a imitação do comportamento real de um sistema, feita a partir de um modelo. Estes métodos permitem investigar o efeito de vários parâmetros, de forma mais rápida, mais segura e menos dispendiosa, do que ensaios à escala piloto ou industrial [34,35].

Desenvolvido pela Hydromantis, O GPS-X é um dos *softwares* de simulação de tratamento de águas mais evoluídos da atualidade. Neste trabalho, a ferramenta é utilizada para fazer um modelo simples do órgão de espessamento a otimizar, MF5, de modo a perceber a influência das escorrências das centrífugas e das águas de lavagem dos biofiltros no espessador.

Qualquer simulação de cenários necessita de um modelo bem construído e calibrado. Estes passos são fundamentais à utilização de ferramentas de simulação. No caso do GPS-X, a construção do modelo passou por diferentes passos, explicados em seguida.

### i. Layout da instalação

É importante o esquema estar o mais aproximado da realidade, pois é a partir do esquema que o GPS-X procede, de forma automática, à construção do modelo.

A primeira etapa da construção do modelo consistiu em esquematizar a instalação a modelar, o MULTIFLO5. O esquema foi construído escolhendo órgãos, da tabela de objetos do programa, e ligando os mesmos através de correntes. Na Figura 3.12, está representado o esquema do modelo construído.

Os afluentes estão separados em Escorrências das centrífugas e Lamas secundárias, de modo a analisar isoladamente a influência de cada um. Após se juntarem, passam no objeto de Dosagem de Coagulante, onde é feita a adição de cloreto férrico. Finalmente tem-se o MULTIFLO5, o decantador retangular de espessamento.

O objeto escolhido para este órgão foi um decantador retangular. Embora o MF5 espesse lamas secundárias e sólidos das escorrências da desidratação, as características do seu afluente são semelhantes às de um efluente primário carregado, agindo o MF5 como um decantador primário. Os marcadores das correntes estão explicados na Tabela 3.5.

Escorrências das centrífugas

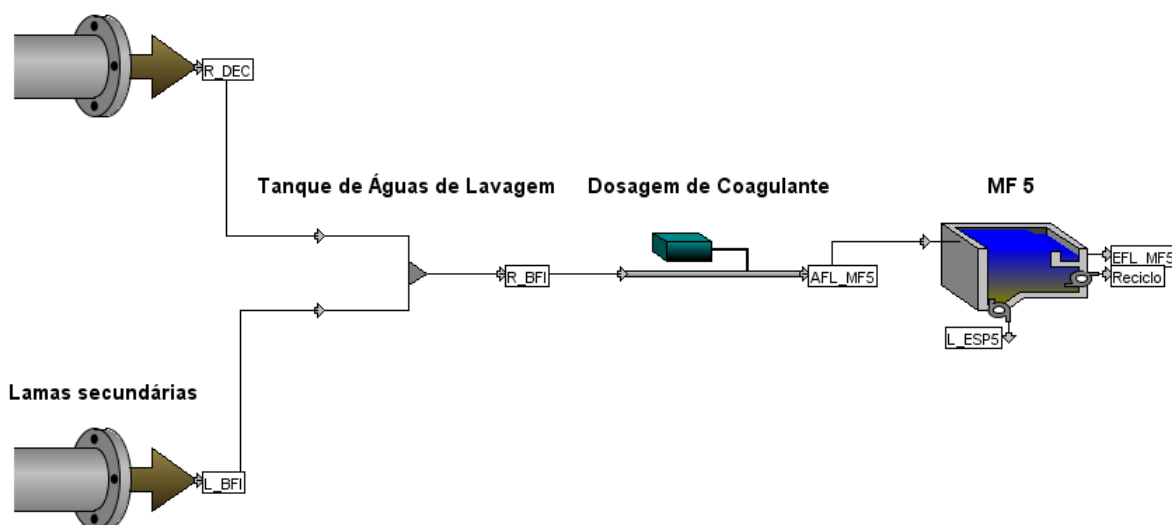


Figura 3.12 - Esquema do modelo GPS-X

Tabela 3.5 - Correntes do modelo do MF5 no GPS-X

Corrente	Observações
R_DEC	Escorrências das centrífugas pré-Tanque de Águas de Lavagem
L_BFI	Lamas secundárias, pré-Tanque de Águas de Lavagem
R_BFI	Corrente ALC-R-BFI, efluente do Tanque de Águas de Lavagem
AFL_MF5	Afluente ao MULTIFLO5
EFL_MF5	Efluente ao MULTIFLO5
L_ESP5	Lamas espessadas do MULTIFLO5
Reciclo	Corrente para reciclo, não utilizada no modelo

## ii. Escolha da biblioteca

A biblioteca é um conjunto de modelos de objetos, que usam variáveis de estado para descrever o sistema, e prever o seu comportamento. A versão 7.0.1 do GPS-X possui 5 bibliotecas diferentes estando descritas na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Bibliotecas disponíveis na versão 7.0.1 do GPS-X

Bibliotecas	Considera:
CNLIB	Carbono e Azoto
CNIPLIB	Carbono, Azoto e Poluentes industriais
CNPLIB	Carbono, Azoto e Fósforo
CNIPLIB	Carbono, Azoto, Fósforo e Poluentes industriais
MANTIS2LIB	Compreensivo, Carbono, Azoto, Fósforo, pH

A prática comum em modelação é escolher e manter o modelo mais simples possível [36]. Sendo os sólidos suspensos o principal parâmetro que se procura melhorar no espessador, foi então escolhida a biblioteca mais simples CNLIB [36].

### **iii. Modelos dos objetos**

Cada objeto tem a possibilidade de utilizar diferentes modelos que descrevam o seu funcionamento. O início da afinação do modelo como um todo, passa, antes de mais, pela escolha dos modelos corretos para cada objeto.

#### **Afluentes**

Para os afluentes de águas residuais, dos 6 modelos disponíveis, foi escolhido o TSSCOD. Desenvolvido por Henze em 1995, o modelo utiliza como valores de entrada principais os SST, CQO e o azoto Kjeldahl total. Tendo em conta que a campanha de análises já feita incluía valores de SST e de CQO, a escolha foi natural. A partir destes três valores e de algumas variáveis de estado, o modelo calcula as restantes variáveis necessárias para descrever o afluente. Os parâmetros a introduzir podem ser vistos na Figura 3.13.



entradas do usuário			
Influent Composition			
cod	CQO total	gCOD/m3	430.0
x	total suspended solids	g/m3	240.0
tkn	NTK total	gN/m3	40.0
Organic Variables			
xba	active autotrophic biomass	gCOD/m3	0.0
xu	Partículas não biodegradáveis da decomposição celu...	gCOD/m3	0.0
Dissolved Oxygen			
so	dissolved oxygen	gO2/m3	0.0
Nitrogen Compounds			
sno	Nitrato e nitrito	gN/m3	0.0
snn	N2	gN/m3	0.0
Alkalinity			
salk	alkalinity	mole/m3	7.0
Influent Fractions			
icv	Razão CQOX/SSV	gCOD/gVSS	1.8
fbod	Razão CBO5/CBOu	-	0.66
TSSCOD Model Coefficients			
frsi	fracção inerte do CQO solúvel	-	0.2
frxs	fracção de substrato da CQO particulada	-	0.82
frxbh	fracção heterotróficos da CQO particulada	-	0.0
fnh	Razão amónio/NTK	-	0.63
fxn	Razão N org. part./N org. total	-	0.9
ivt	Razão SSV/SST	gVSS/gTSS	0.75
Mantis Nutrient Fractions			
ibhn	Teor de N da biomassa activa	gN/gCOD	0.068
iuhn	Teor de N da massa endógena/inerte	gN/gCOD	0.068

Figura 3.13 - Entrada de parâmetros para caracterização de afluente de águas residuais

### Doseamento de reagentes

O doseamento de cloreto férrico tem como objetivo coagular os sólidos em suspensão. Dos dois modelos possíveis, Chemeq e Metaladd. O primeiro foca-se na remoção de fósforo. O segundo aborda igualmente a coagulação e remoção de partículas coloidais, sendo, portanto, o modelo escolhido.

O consumo de coagulante inorgânico por sólido e a concentração de sólidos a saída são dados pelas equações seguintes:

$$F = F_{max}e^{-k_a C} + F_{min} \quad (3.1)$$

$$P_{Fe} = \frac{F_{max}}{k_a} [e^{-k_a S_o} - e^{-k_a S_{in}}] + F_{min}(S_{in} - S_o) \quad (3.2)$$

Em que:

- $F$  é a quantidade de cloreto férrico consumido por sólido removido, a uma concentração de sólidos  $C$ . Dado em  $\text{g}_{\text{Fe}}/\text{g}_{\text{sólido}}$
- $F_{max}$  é o consumo máximo de coagulante por sólido removido. Também em  $\text{g}_{\text{Fe}}/\text{g}_{\text{sólido}}$
- $F_{min}$  é o consumo mínimo de coagulante por sólido removido. Também em  $\text{g}_{\text{Fe}}/\text{g}_{\text{sólido}}$
- $C$  é a concentração de sólidos na solução. Dado em  $\text{g}/\text{m}^3$
- $k_a$  é o factor de afinidade dado em  $\text{m}^3/\text{g}$
- $P_{Fe}$  é a dose de ferro em  $\text{g}_{\text{Fe}}/\text{m}^3$
- $S_{in}$  é a concentração de sólidos a entrada, em  $\text{g}/\text{m}^3$
- $S_o$ , a concentração de sólidos a saída, em  $\text{g}/\text{m}^3$

### Decantador

O decantador é o órgão principal do modelo esboçado. Apresenta a hipótese de escolha entre 5 modelos diferentes: *asm1*, *asm3*, *empiric*, *mantis* e *simple1d*. Todos estes podem ser organizados de 2 modos diferentes: se são reativos, e se são unidimensionais. O modelo ser reativo, significa que considera as reações biológicas. Por sua vez, um modelo unidimensional faz várias considerações. O volume do decantador é dividido em 10 camadas de igual espessura, apenas o fluxo vertical é considerado, e assume-se que a concentração de sólidos é constante ao longo de toda a área de secção horizontal. Nestes modelos, o balanço de massas é feito a cada camada, obtendo o perfil de concentrações ao longo do decantador. Existem 5 tipos de camadas diferentes como descrito na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Tipos de camadas dos modelos unidimensionais

Tipo de camada	"Input"		"Output"		
	Entrada	Sedimentação	Fluxo do líquido	Sedimentação	Fluxo do líquido
Topo	-	-	Cima	+	Cima
Camada acima da entrada	-	+	Cima	+	Cima
Camada de entrada	+	+	-	+	Cima e baixo
Camada abaixo da entrada	-	+	Baixo	+	Baixo
Fundo	-	+	Baixo	-	Baixo

Nota: + significa que é considerado; - significa que não é considerado

Os fluxos de sólidos são divididos em duas componentes. A primeira, o fluxo resultante do arrastamento do movimento do líquido, calculado pela concentração de sólidos e a velocidade do movimento do líquido, dependendo da camada. A segunda, a sedimentação dos sólidos, elaborada em 1991 por Takács, aplicável tanto a sedimentação zonada como a sedimentação floculenta, é descrita pela equação seguinte:

$$v_{sj} = v_{max}e^{-rhin \cdot X_j^{\circ}} - v_{max}e^{-rfloc \cdot X_j^{\circ}} \quad (3.3)$$

$$X_j^{\circ} = X_j - X_{min} \quad (3.4)$$

$$X_{min} = fns \cdot X_{in} \quad (3.5)$$

Onde:

- $v_{sj}$  é a velocidade de sedimentação na camada j, em m/d
- $v_{max}$  é a velocidade máxima de sedimentação Vesilind, em m/d
- $rhin$ , o parâmetro de sedimentação zonada, em m<sup>3</sup>/g<sub>SST</sub>
- $rfloc$ , o parâmetro de sedimentação floculenta, em m<sup>3</sup>/g<sub>SST</sub>
- $X_j$  é a concentração de SST na camada j
- $X_{min}$  é a concentração mínima atingível de SST
- $fns$  é a fração não sedimentável
- $X_{in}$  a concentração de sólidos na entrada, em mg<sub>SST</sub>/L

O modelo simple1d, um dos modelos disponíveis, é um modelo unidimensional, não reativo, que considera apenas a concentração de SST. As concentrações de variáveis particuladas são calculadas como frações dos SST. Assim, o modelo simple1d é ideal para o objetivo, sendo o utilizado no decantador MF5 [36].

#### **iv. Afinação do modelo**

O objetivo da elaboração do modelo é a possibilidade de se efetuarem simulações no mesmo. Para este efeito, a afinação do modelo é um passo moroso, mas imprescindível, demorando por vezes mais do que um mês [34]. É o passo que procura tornar o modelo feito, numa “cópia” de uma instalação existente, sendo necessário utilizar dados reais de calibração para esta aproximação. Foram utilizados todos os valores disponíveis, como as análises de rotina efetuada, dimensões do MF5 e até à campanha de análises feita ao órgão, não tendo ainda assim, valores suficientes para considerar o modelo bem afinado. O GPS-X possui um otimizador integrado no *software*, que utiliza uma modificação do método simplex. Esta ferramenta pode ser utilizada tanto para estimativa de parâmetros não conhecidos, como para otimização de processo, tendo neste trabalho sido usada exclusivamente para o primeiro efeito [36].

#### **Caracterização dos afluentes**

Como referido previamente, os afluentes estão divididos em escoamentos das centrífugas e lamas secundárias em excesso resultantes das lavagens aos biofiltros, que confluem antes da dosagem de coagulante. Assim obtemos três pontos dos quais possuímos valores reais. Nas escoamentos das centrífugas, nas águas de lavagem, e na sua junção. Para os dois primeiros, foram obtidos valores de CQO e SST durante a campanha de março/abril, enquanto na junção dos dois conheciam-se valores de SST, SSV, SSF, CQO e CBO.

Assim, a caracterização de afluentes passou por dois passos. Uma primeira, com a introdução dos dados conhecidos nos objetos de afluentes de águas residuais. Uma segunda, estimando dados, de forma a coincidirem aos obtidos para o ponto da reunião dos afluentes. Observáveis na Tabela 3.8, estão as variáveis impostas em vermelho, e os estimados por otimização, em laranja.

Tabela 3.8 - Variáveis afinadas dos afluentes de águas residuais

Variável modificada	Unidades	Valor para default	Valor para escorrências	Valor lamas secundárias
Carência Química de Oxigênio	gCQO/m <sup>3</sup>	430	10 000	1 950
Sólidos Suspensos Totais	g/m <sup>3</sup>	240	7 600	1 237
Azoto Total Kjeldahl	gN/m <sup>3</sup>	40	40	40
Razão CQOX/SSV	gCQO/gSSV	1,8	1,4	1,8
Razão CBO5/CBOu	-	0,66	0,3	0,3
Fração inerte de CQO solúvel	-	0,2	0,2	0,6
Razão SSV/SST	gSSV/gSST	0,75	0,92	0,87
Teor de N da biomassa ativa	gN/gCQO	0,068	0	0
Teor de N da massa endógena/inerte	gN/gCQO	0,068	0	0

O azoto na instalação não era um parâmetro a modelar. Como tal, os parâmetros de azoto foram deixados como valores *default* de afluente e ambos os teores em azoto da biomassa ativa e de massa endógena foram alterados para 0. As razões de CQO particulado por SSV, CBO5 por CBOu e a fração inerte de CQO solúvel foram todos estimados para obter valores de CQO e CBO conforme as análises da reunião dos caudais (ALC-R-BFI). Em termos de razão dos CBOs, o resultado da otimização é, para efluentes secundários, coerente segundo a literatura [10].

#### Doseamento de reagentes

A adição de coagulante é o objeto ao qual foram feitas menos alterações. Escolheu-se o ferro, com uma concentração de 6,0 g<sub>Fe</sub>/m<sup>3</sup> e o pH no ponto de adição de 6,0. O modelo Metaladd do objeto ainda tem a possibilidade de modificar vários parâmetros específicos para o ferro, como afinidades e consumos por contaminante removido. Não foram feitas alterações nessas variáveis devido a falta de informação, tendo sido deixadas no seu valor padrão.

#### Decantador

O primeiro passo para afinação do decantador são as suas características físicas. Os desenhos do órgão e a memória descritiva permitem obter todos os valores necessários, que se encontram na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 - Variáveis afinadas das características físicas

Variável	Unidades	Valor
Área de superfície	m	231
Profundidade da água	m <sup>2</sup>	8,69
Ponto de alimentação a partir do fundo	m	7,5

Conforme os certificados da Haironville, as lamelas simuladas no GPS-X têm as seguintes especificações Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Variáveis afinadas das lamelas

Variável	Unidades	Valor
Lamelas na camada	-	2
Ângulo da placa	graus	60
Espaçamento entre placas	mm	85

Os parâmetros operacionais também necessitaram de alterações. O objeto permite ter uma bomba para reciclo e uma de extração de lamas. A primeira foi mantida desligada pois o reciclo não é feito. A segunda bomba, de modo análogo à realidade, mantém um caudal em relação à corrente de entrada AFL\_MF5, com uma taxa de extração de 1,75% (valor real durante os dias da campanha de análises).

O último grupo de variáveis a afinar são as da sedimentação. Utilizou-se mais uma vez o otimizador para obter variáveis que permitissem o desempenho real do MF5. A utilização desta ferramenta foi como descrita pelas tabelas seguintes.

Tabela 3.11 Concentração de variáveis a saída

Variáveis alvo	Unidade	Valor alvo	Valor obtido no GPS-X
SST à saída	mg/L	640	637,5
SSV à saída	mg/L	590	565,1
CQO à saída	mg/L	860	965,3
CBO5 à saída	mg/L	210	236,0

Tabela 3.12 - Variáveis estimadas pelo otimizador

Variáveis a mudar	Indicador	Unidade	Valor default		Valor obtido pelo otimizador
			Dec. Prim	Dec. Sec	
Velocidade máxima de sedimentação	$v_{maxmax}$	m/d	200	274	211.37353
Vel. Máx de sedimentação Vesilind	$v_{max}$	m/d	220	410	434,07673
Parâmetro de sedimentação zonada	$rhin$	m <sup>3</sup> /g <sub>SST</sub>	0,0002	0,0004	5,9454756E-05
Parâmetro de sedimentação floculenta	$rfloc$	m <sup>3</sup> /g <sub>SST</sub>	0,001	0,0025	0,0012752741
Fração não sedimentável	$fns$	-	1	0,001	0,92136206
Máximo de sólidos não sedimentáveis	$X_{minmax}$	mg <sub>SST</sub> /L	20	20	18,942056

Quatro dos seis parâmetros na Tabela 3.12 aparecem na equação da velocidade de sedimentação de takács (3.3). Os restantes dois,  $v_{maxmax}$  e  $X_{minmax}$ , são limites impostos pelo utilizador para velocidade máxima de sedimentação e máximo de sólidos não sedimentáveis, respetivamente.

Quando um fluxo muito elevado de afluentes entra num decantador, há um arrastamento dos sólidos que não é negligenciável. Para contabilizar este efeito, o GPS-X simula a distribuição de caudal através de duas variáveis: a velocidade de fluxo ascendente máxima na zona quiescente (vfzq), e a velocidade de fluxo ascendente máxima da zona de mistura (vfzm). É calculada a velocidade do fluxo e comparada com os dois parâmetros definidos, sendo classificado como 1 de 3 casos, segundo a Tabela 3.13, como ilustrado na Figura 3.14.

Tabela 3.13 - Casos de distribuição de caudal de entrada

Velocidade do fluxo	
Caso 1	vel. fluxo < vfzq
Caso 2	vfzq < vel. fluxo < vfzm
Caso 3	vfzm < vel. fluxo

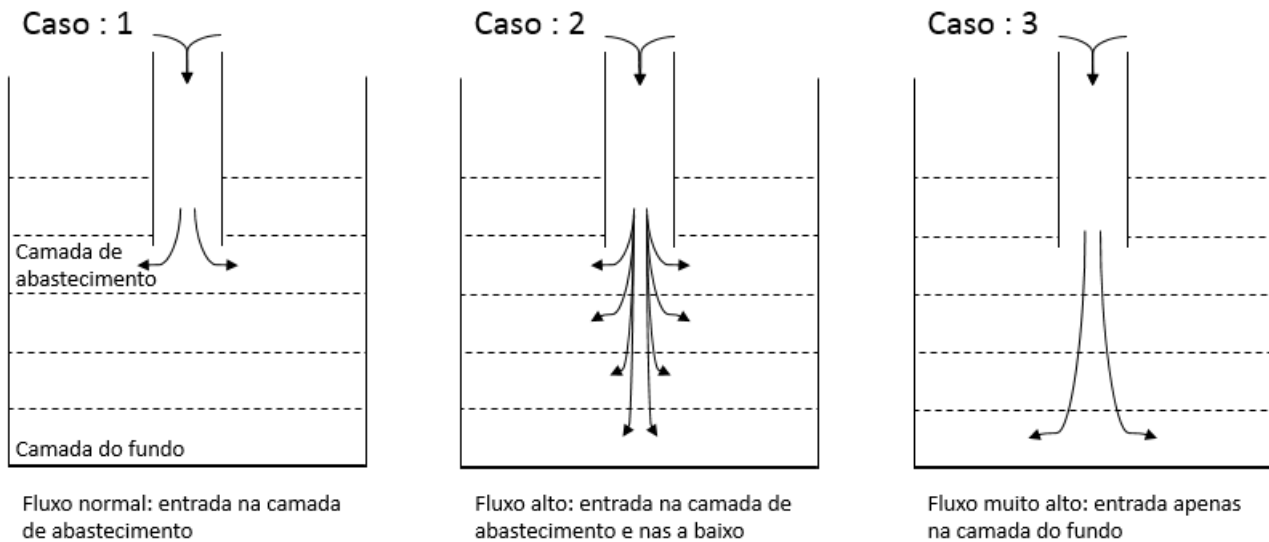


Figura 3.14 - Casos de distribuição de caudal de entrada, adaptado de [36]

Estes parâmetros foram também obtidos pelo otimizador do GPS-X. Os valores obtidos encontram-se na Tabela 3.14.

Tabela 3.14 - Variáveis de distribuição de caudal estimadas pelo otimizador

Variáveis a mudar	Indicador	Unidade	Valor default	Valor obtido pelo otimizador
Velocidade ascendente máxima na zona de repouso	vfzq	m/d	100	102,49266
Velocidade ascendente máxima da zona de mistura completa	vfzm	m/d	300	583,04504

Fazendo os cálculos para a entrada da camara de sedimentação do MF5, admitindo o valor de fluxo diário de 45 mil m<sup>3</sup>/dia e uma área de 231m<sup>3</sup>, obtemos uma velocidade de fluxo de 194m/d, sendo considerado um caso 2, com distribuição em várias camadas abaixo da alimentação.



## 4. Resultados e discussão

O problema da otimização da linha de espessamento foi abordado em 3 etapas:

- Um estudo de dados históricos da instalação;
- Caracterização do afluente e efluente do órgão a otimizar;
- Implementação de novas medidas para melhorar o processo.

### a) Análise de dados históricos

A estação de Alcântara tem uma elevada quantidade de dados acumulados. O estudo incluiu uma análise extensiva do historial da linha de espessamento. Os dados existentes possibilitaram a identificação de um ponto a melhorar no processo. As lavagens excessivas dos Biofiltros (por vezes mais que 1 vez por dia por biofiltros) revelam uma rápida colmatção dos mesmos, indicando uma elevada quantidade de sólidos no órgão. O ponto a otimizar é o afluente aos BFI, que é o caudal efluente de todo o tratamento primário e do espessador. A Tabela 4.1 evidencia a diferença entre caudais tratados pelo MF5 e os tratados pelos restantes MF, estando, respetivamente, em proporções de um para três. Observa-se também que a lama é produzida em quantidades semelhantes (Tabela 4.2). Esta diferença de caudal tratado e semelhança em produção de lamas é, embora alarmante, facilmente justificada pelas funções que cada MF exerce. Sendo o MF5 o único espessador, é de esperar que, como se atenta, trate menos caudal e produza mais lamas. É de notar, que as tabelas 4.1 e 4.2 não contabilizam a concentração das lamas espessadas.

Tabela 4.1 - Caudais afluentes aos MULTIFLOs 1-5

	2016		2017		2018	
	Afl diário MF 1-4 m <sup>3</sup> /dia	Afl diário MF5	Afl diário MF 1-4 m <sup>3</sup> /dia	Afl diário MF5	Afl diário MF 1-4 m <sup>3</sup> /dia	Afl diário MF5
Janeiro	179 720	46 526	140 637	44 236	140 577	44 925
Fevereiro	178 963	46 291	173 177	45 080	134 751	45 366
Março	152 201	45 826	161 168	45 740	198 863	45 372
Abril	173 688	45 436	120 834	45 217	172 313	44 194
Maio	177 061	45 790	125 203	43 429	137 493	44 117
Junho	134 501	44 299	130 189	42 401	133 422	44 092
Julho	127 179	44 210	123 963	45 273	125 071	43 848
Agosto	117 232	43 380	115 079	45 119		
Setembro	118 919	42 823	123 019	45 574		
Outubro	140 503	44 128	129 327	40 148		
Novembro	151 854	44 706	130 007	44 628		
Dezembro	155 499	45 649	128 393	45 094		

Tabela 4.2 - Produção de lamas espessadas por MULTIFLOs 1-5

	2016		2017		2018	
	Lamas produzidas MF 1-4 m <sup>3</sup> /dia	Lamas produzidas MF5	Lamas produzidas MF 1-4 m <sup>3</sup> /dia	Lamas produzidas MF5	Lamas produzidas MF 1-4 m <sup>3</sup> /dia	Lamas produzidas MF5
Janeiro	518	909	615	789	669	893
Fevereiro	497	908	577	856	728	925
Março	501	907	697	843	674	949
Abril	579	887	615	765	648	858
Maio	516	829	572	689	821	700
Junho	542	679	727	685	994	525
Julho	597	549	720	706	866	688
Agosto	640	525	583	696		
Setembro	738	570	928			
Outubro	666	557	808			
Novembro	652	618	648	742		
Dezembro	594	705	613	909		

Os caudais só por si não permitem identificar a origem da elevada carga de sólidos do afluente aos BFI. Com os resultados das análises de rotina, é possível calcular a carga de saída de todos os MF, sendo a carga à saída do MF5 obtida por balanço, pela equação:

$$Afluente\ BFI = Efluente\ MF_{1-4} + Efluente\ MF_5 \quad (4.1)$$

As cargas para os anos 2016, 2017 e 2018 encontram-se diferenciadas na Tabela 4.3, permitindo uma mais fácil comparação entre as cargas dos MF1-4 e do MF5. É de notar que não existem valores compilados de cargas para a entrada da linha de espessamento, pois não há amostragem regular da entrada do órgão. No entanto os dados existentes permitem observar que para um caudal três vezes inferior, a contribuição em carga de sólidos para o BFI, do MF5, é consistentemente superior à dos MF1-4, revelando a origem da elevada carga afluente ao tratamento secundário, o MF5.

Resultados e discussão

Tabela 4.3 - Cargas de sólidos da linha primária e de espessamento

	2016				2017				2018			
	Afl MF 1-4	Efl MF 1-4 Kg/dia	Efl MF5	Carga MF5 Afl BFI	Afl MF 1-4	Efl MF 1-4 Kg/dia	Efl MF5	Carga MF5 Afl BFI	Afl MF 1-4	Efl MF 1-4 Kg/dia	Efl MF5	Carga MF5 Afl BFI
Janeiro	45 255	19 280	17 449	48%	52 330	14 260	21 752	60%	41 880	13 212	24 539	65%
Fevereiro	38 693	16 604	17 720	52%	43 143	14 449	23 411	62%	42 034	18 508	22 080	54%
Março	46 680	15 793	25 115	61%	45 330	15 451	18 848	55%	41 607	21 244	14 336	40%
Abril	48 390	18 958	15 459	45%	38 641	11 427	22 975	67%	45 278	19 509	14 196	42%
Maio	51 057	24 934	7 841	24%	40 346	11 562	23 478	67%	35 769	20 599	18 885	48%
Junho	45 943	16 703	14 753	47%	40 875	12 269	26 469	68%	38 959	20 019	23 049	54%
Julho	47 881	16 425	15 599	49%	46 781	11 034	29 084	72%	27 100	24 226	24 992	51%
Agosto	39 684	13 026	14 330	52%	36 367	9 842	26 011	73%				
Setembro	38 837	12 976	19 979	61%	42 236	12 579	29 166	70%				
Outubro	45 106	13 842	15 177	52%	48 150	17 394	21 312	55%				
Novembro	40 937	14 575	19 469	57%	44 254	17 116	18 615	52%				
Dezembro	41 639	14 114	19 297	58%	35 983	12 854	17 145	57%				
<b>Média anual</b>				<b>50%</b>				<b>63%</b>				<b>51%</b>

Constatou-se que a sobrecarga anormal dos biofiltros provém do espessador. Não é, porém, garantido que o problema seja o funcionamento anômalo do órgão.

### **b) Caracterização detalhada do afluente e efluente ao MF5**

Para avaliar a linha de espessamento e controlar o MF5, são utilizadas no local sondas de turvação do efluente e as amostragens de rotina cujos dados de laboratório permitem, através balanços mássicos, o controlo da carga efluente. A observação de elevada turvação e partículas de pequenas dimensões em suspensão no efluente do MF5 suscitou dúvidas em relação ao desempenho do espessador. Por esta razão fez-se uma rigorosa caracterização, procurando identificar anomalias tanto através de alguns parâmetros, como em dimensões de partículas e carga superficial dos coloides.

i.

ii.

#### **iii. Campanha de análises**

A campanha de análises possibilitou a caracterização e a análise de desempenho ao MF5. Embora só fossem determinados alguns parâmetros simples, estes permitiram calcular variáveis de desempenho do espessador. Com os valores determinados, foi também possível comparar o funcionamento do MF5 com os dimensionamentos de concepção. Os resultados da campanha de análises podem ser consultados nas Tabela 4.4 e Tabela 4.5

Tabela 4.4 - Resultados da campanha de análises, ALC-R-BFI, afluente ao MF5

Data de recolha	pH (20°C)	SST	SSV mg/l	SSF	CQO mgO <sub>2</sub> /l	CBO
14/mar	7,4	1 100	990	110	1 800	960
21/mar	6,8	960	870	90	1 800	860
28/mar	7,1	960	930	30	1 700	640
4/abr	6,8	1 700	1 500	200	2 500	630
11/abr	6,8	460	380	80	1 300	800

Tabela 4.5 - Resultados da campanha de análises, ALC-E-DPR.5, efluente do MF5

Data de recolha	pH (20°C)	SST	SSV mg/l	SSF	CQO mgO <sub>2</sub> /l	CBO
14/mar	7,1	370	270	100	660	240
21/mar	7	420	390	30	700	310

28/mar	7	1 100	1 000	100	1 700	310
4/abr	6,9	640	590	50	860	210
11/abr	6,9	150	140	10	390	180

As amostras de dia 28 de março foram descartadas pois apresentavam valores incoerentes. Isto pode ser resultado de uma troca de amostras, ou de uma recolha irregular. A eficiência de remoção do órgão pode então ser calculada para diferentes parâmetros como: sólidos, CQO e CBO, de acordo com a seguinte fórmula:

$$Eficiência\ de\ remoção\ de\ Parametro = 1 - \left( \frac{Parametro_{Efl}}{Parametro_{Afl}} \right) * 100 \quad (4.2)$$

A campanha também permitiu o cálculo de fatores como a percentagem de voláteis e a biodegradabilidade da água. Todos estes valores estão compilados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Tratamento de dados da campanha de análises

Data de recolha	Eficiência de remoção			Percentagem de voláteis		CQO/CBO	
	SST	CQO	CBO	Afl	Efl	Afl	Efl
14/mar	66%	63%	75%	90%	73%	1,88	2,75
21/mar	56%	61%	64%	91%	93%	2,09	2,26
4/abr	62%	66%	67%	88%	92%	3,97	4,10
11/abr	67%	70%	78%	83%	93%	1,63	2,17

A eficiência média de remoção de SST, CQO e CBO do MF5 é de 63%, 65% e 71%, respetivamente. Em comparação, para os mesmos parâmetros, a linha primária obtém uma eficiência média de 63%, 48% e 50% nos últimos três anos.

Em termos de sólidos, não se pode dizer que o espessador funcione de forma anómala, pois a sua eficiência é igual aos restantes MF. É também de notar que a percentagem de sólidos suspensos voláteis afluentes ao MF5 é de 88%, um valor normal para uma ETAR de cariz principalmente municipal.

Em relação ao CQO e ao CBO, é esperado que a linha primária tenha uma eficiência inferior, pois a sua remoção é limitada pela quantidade de matéria orgânica particulada.

A biodegradabilidade é avaliada pelo rácio entre as duas carências em oxigénio. O afluente ao MF5 contém lamas secundárias em excesso do tratamento biológico e escorrências da desidratação, fortemente carregadas com colóides de baixa biodegradabilidade. Tendo isso em conta a biodegradabilidade média obtida, 2,8 é, apesar de tudo, alta. O afluente aos BFI é uma mistura do efluente do MF5 com o efluente dos órgãos do tratamento primário. Tendo estes

últimos uma maior biodegradabilidade, conclui-se que o afluente aos BFI é indicado para o tratamento biológico.

Foram ainda feitas duas amostragens à corrente ALC-R-DEC nos dias 4 e 11 de abril (Tabela 4.7).

Tabela 4.7 - Resultados da campanha de análises, ALC-R-DEC, escorrências das centrífugas

Data de recolha	SST	SSV mg/l	SSF
04/abr	7 600	7 000	600
11/abr	4 500	3 200	1 300

Com estes resultados determinou-se, por via de balanços de massa, as contribuições em sólidos para o afluente do MF5 (Figura 4.1).

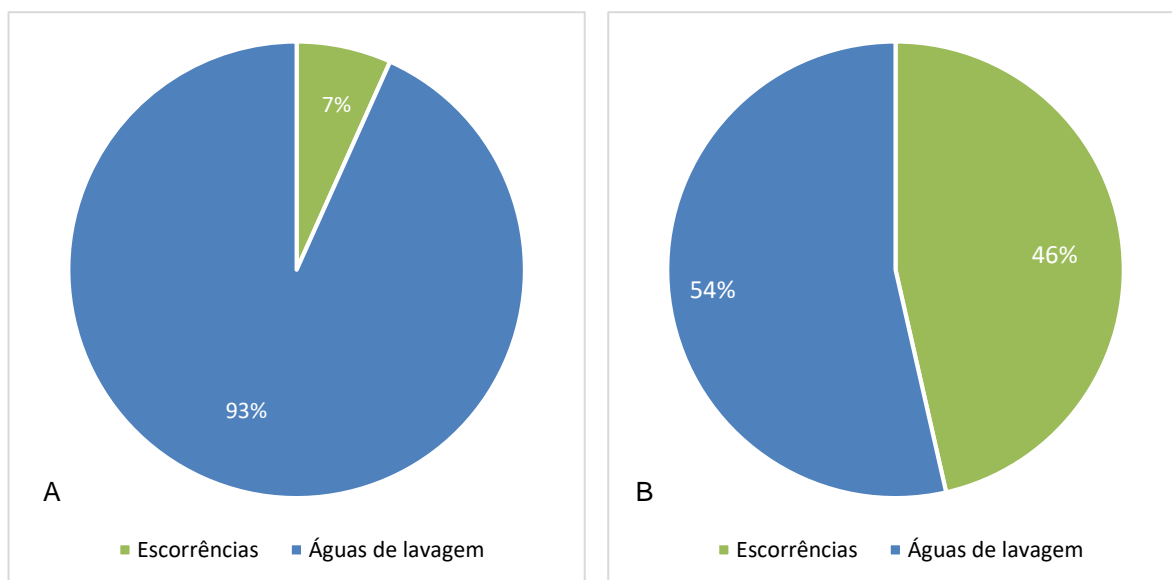


Figura 4.1 - Contribuições ao afluente do MF5. A: Caudal; B: Carga de sólidos

Enquanto as escorrências representam apenas 7% do caudal que entra no MF5, representam também quase metade dos sólidos. A elevada carga é justificada por uma concentração de sólidos de cariz coloidal muito elevada nas centrífugas. Conjetura-se que as características das lamas físico-químicas não permitam o funcionamento adequado das centrífugas, originando a elevada concentração de sólidos, a qual é cerca de dez vezes superior à concentração espectável para o centrato de uma centrifugação

Os resultados obtidos na campanha de análises podem ser comparados com os dimensionamentos de conceção (Tabela 4.8).

Tabela 4.8 - Comparação de balanços de dimensionamento e de valores reais do MF5 e escorrências das centrífugas

	Dimensionados			Reais		
	Entrada	Escrórências	Saída	Entrada	Escrórências	Saída
Caudal (m <sup>3</sup> /dia)	41 138	1 632	40 561	47 814*	2 655	47 814*
Carga sólidos (kg/dia)	23 855	1 060	2 007	50 443	16 062	18 886
SST (mg/l)	580	650	49 (92%)	1 055	6 800	395 (63%)
CQO (mgO <sub>2</sub> /L)	864	650	96 (90%)	1 850	-	390 (79%)
CBO (mgO <sub>2</sub> /L)	475	325	39 (92%)	813	-	180 (72%)

\* Considerado o mesmo caudal de entrada e saída.

Na tabela, a coluna da “Entrada” é o afluente total ao MF5, estando as escorrências, parte do afluente total, apresentado também individualmente. Os caudais não apresentam diferenças significativas, porém a variação das concentrações é evidente. Os sólidos à entrada são o dobro, e à saída nove vezes superiores aos valores dimensionados. A maior diferença é nas escorrências, em que o caudal é bastante mais elevado, e a concentração em sólidos é dez vezes superior. Mais uma vez pode ser um indicador de dificuldades na desidratação. Todavia, o desempenho da centrífuga já foi rigorosamente analisado, pelo que se admite que a causa da baixa taxa de captura esteja relacionada com as características da lama a desidratar. A fragilidade dos flocos formados no tratamento físico-químico e o efeito da acidificação nas lamas são possíveis causas do problema.

A campanha de análises foi um passo importante da caracterização das correntes do MF5. Permitiu aferir o funcionamento do órgão que apresenta uma eficiência comparável ou até melhor que os MF da linha primária. Contudo não é a eficiência, demasiado otimista, que se esperava no momento da conceção e dimensionamento do órgão (92%). Desta forma, a tão elevada diferença na carga de sólidos das escorrências é a principal origem da sobrecarga do MF5.

#### iv. Tamanho de partículas

Para o método utilizado na determinação da distribuição de tamanho de partículas foi necessária uma preparação das amostras. Idealmente faz-se uma filtração de modo a obter apenas os sólidos suspensos, excluindo sólidos dissolvidos. Após a filtração com uma malha de 45 microns, revelou-se impossível extrair a quantidade necessária de sólidos para a utilização do MORPHOLOGI (Figura 4.2).



Figura 4.2 - Resultado da filtração com malha de 45 micron, de ALC-R-BFI (à esquerda), e ALC-E-DPR.5 (à direita)

Procedeu-se então à secagem sem filtração, por três métodos diferentes:

- Estufa;
- Rotavapor;
- Liofilizador.

A secagem em estufa foi realizada em pratos de alumínio à temperatura de 105°C durante aproximadamente 12 horas, resultando numa película sólida. Para permitir a dispersão no microscópio, foi necessário desfazer a película em pó com um pilão (Figura 4.3).



O rotavapor foi utilizado a uma velocidade de cerca de 270 rotações por minuto com o banho a



Figura 4.3 - Grânulos e película resultantes de secagem em estufa

35°C e uma pressão de 1,8 mbar. Foram feitas várias tentativas de secagem, obtendo sempre uma pasta preta devido a presença de gorduras na solução. A dispersão no MORPHOLOGI não era realizável, de maneira que a secagem por rotavapor foi descartada.

A liofilização foi feita pela equipa do laboratório de bioengenharia da FCT/UNL resultou num pó solto, não tendo sido necessária nenhuma intervenção para a dispersão (Figura 4.4).



Figura 4.4 - Pó solto resultante da liofilização

As distribuições de tamanho de partícula foram feitas para entrada e saída do MF5 com secagem por estufa e com secagem por liofilizador (Figura 4.5 e Figura 4.6).

## Resultados e discussão

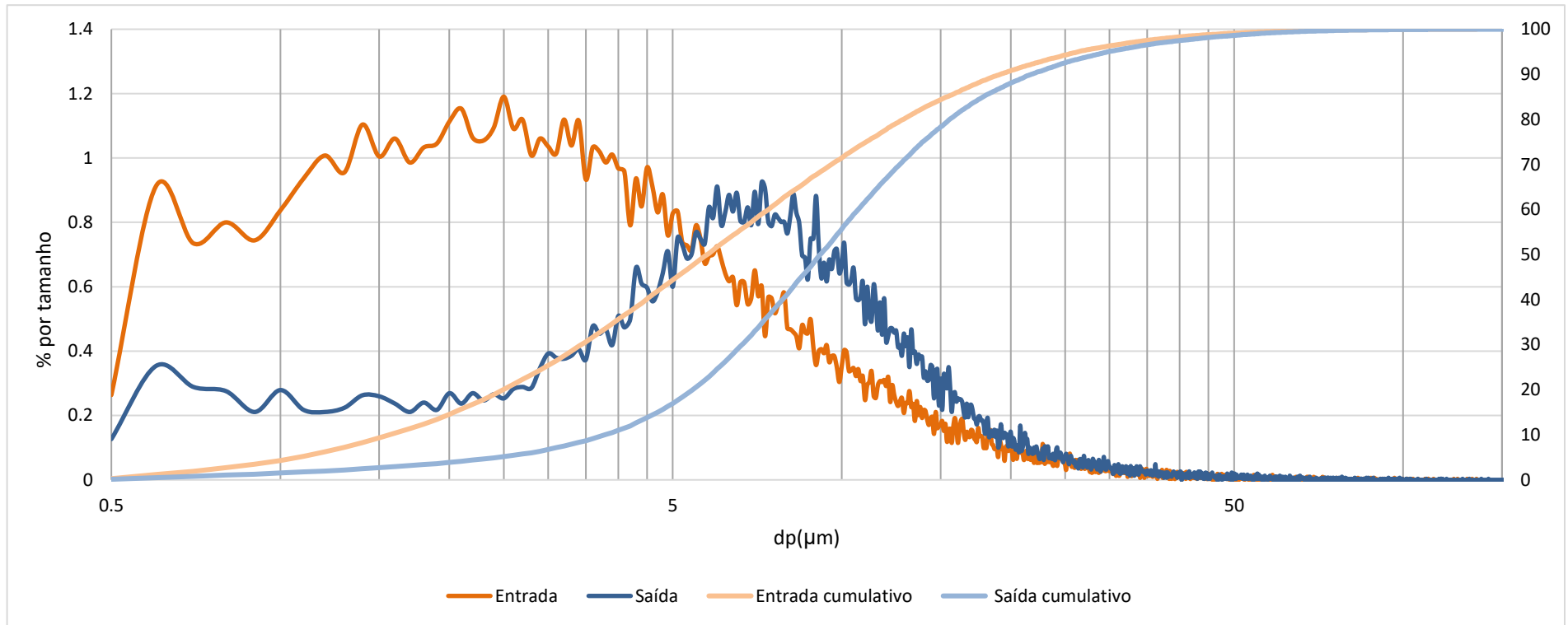


Figura 4.5 - Distribuição de tamanho de partículas, secagem em estufa

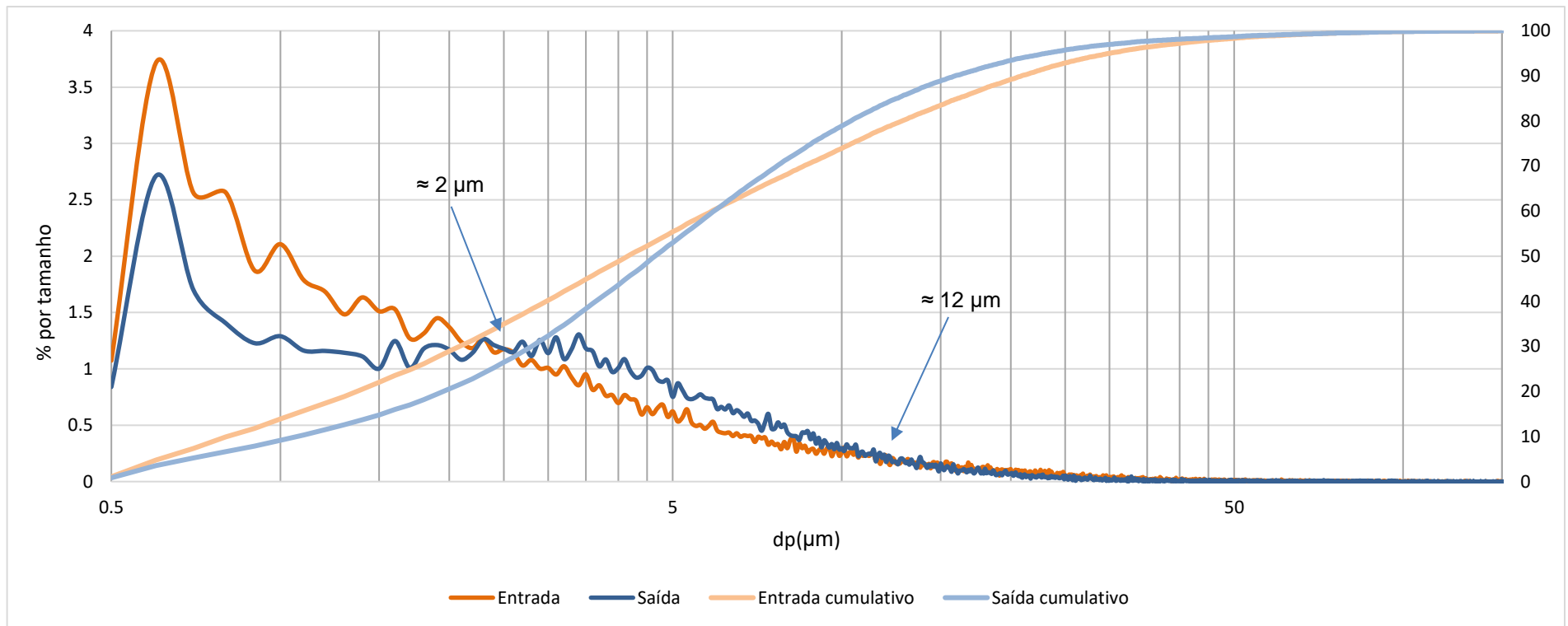


Figura 4.6 - Distribuição de tamanho de partículas, secagem por liofilização

A diferença entre as duas distribuições é facilmente perceptível. À partida já se sabia que a secagem em estufa podia causar um aumento de tamanho das partículas [23], o que, comparando as duas distribuições, se verificou na Figura 4.5. À saída do espessador, observam-se partículas significativamente maiores. A intervenção manual para permitir a dispersão pode também ter resultado em alterações do tamanho das partículas. A média, o d10, d50 e d90 foram calculados para ambos a entrada e saída obtendo a Tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Tratamento de dados DTP, secagem em estufa

	<b>Média (µm)</b>	<b>d10 (µm)</b>	<b>d50 (µm)</b>	<b>d90 (µm)</b>
<b>Entrada</b>	8,8	1,5	5,8	19,2
<b>Saída</b>	11,8	3,8	9,1	21,8

A tabela apenas explicita a ideia obtida pela Figura 4.5. À saída as partículas estão maiores do que à entrada. Logicamente isto não é normal pois, segundo a lei de sedimentação de Stokes, quando maiores as partículas, mais rápido sedimentam. A causa desta incoerência é a intervenção manual e consequente modificação de propriedades das partículas. Os resultados da secagem em estufa não são considerados corretos, sendo assim descartados.

A distribuição de tamanho de partículas secadas por liofilização, aproxima-se mais do que era esperado [3,4,37]. O tratamento de dados desta distribuição pode ser observado na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Tratamento de dados DTP, secagem em liofilizador

	<b>Média (µm)</b>	<b>d10 (µm)</b>	<b>d50 (µm)</b>	<b>d90 (µm)</b>
<b>Entrada</b>	8,6	0,8	4,2	20,9
<b>Saída</b>	7,7	1,1	4,6	16,0

A Figura 4.6 já exibe um perfil normal para decantadores. É de notar, contudo, que a conjunção da entrada e da saída parece peculiar. No intervalo entre 2 e 12 microns, a saída contém uma maior percentagem de partículas. Conjetura-se que isto possa ser um indicador de um “crescimento” anómalo das partículas, causado por uma coagulação e floculação incompleta. Face à elevada quantidade de colóides a coagular e flocular, os reagentes utilizados não conseguem destabilizar a carga totalmente, ou mesmo os reagentes não serem os adequados para lamas, resultando numa fração das partículas a sedimentar e ficarem em suspensão, que seriam observáveis e facilmente verificáveis na água efluente do MF5. Pode também originar de um funcionamento anómalo da câmara de mistura rápida e/ou da câmara de mistura lenta, o que é pouco provável visto que quando o espessador esteve em manutenção, o órgão que o substituiu, o MF4 apresentou um comportamento similar.

A Tabela 4.10 confirma que o funcionamento do MF5 é coerente, obtendo à sua saída partículas de menor dimensão, mesmo que à entrada haja uma maior quantidade de partículas pequenas, como evidenciado pelo d10 e d50.

Com o intuito de comparar melhor as distribuições obtidas para o espessador de Alcântara com valores da literatura, foi utilizado um método que aproveita a semelhança de DTP em águas e de leis de potência. O método procura atribuir dois valores a uma distribuição, o que permite a comparação com outras distribuições [21,38]. A lei potência é aplicada conforme a equação seguinte:

$$\frac{dN}{d(d_p)} = A(d_p)^{-\beta} \approx \frac{\Delta N_i}{\Delta(d_{pi})} \quad (4.3)$$

$$\log\left(\frac{\Delta N}{\Delta(d_{pi})}\right) = \log(A) - \beta \log(dp) \quad (4.4)$$

Em que:

- $\frac{dN}{d(d_p)}$  é o número de partículas por incremento de diâmetro de partículas;
- $d_p$  é o tamanho de partícula;
- A é o coeficiente de densidade da lei de potência;
- B é o coeficiente de declive da lei de potência;
- $\frac{\Delta N}{\Delta(d_{pi})}$  é o número de partículas num intervalo  $d_{pi}$ .

O método é mais utilizado quando as distribuições são feitas por ensaios de peneiração, ou filtrações. Deste modo, foi necessário adaptar o método aos resultados obtidos no MORPHOLOGI. Foram determinados vários intervalos de tamanhos, utilizando como exemplo ensaios de filtração feitos por Neis e Theims em 1997. Os intervalos podem ser consultados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Intervalos escolhidos e partículas por intervalo

Intervalo	Número de partículas
180-150	8
150-120	16
120-100	27
100-80	84
80-60	207
60-50	200
50-40	365
40-30	719
30-25	691
25-20	1196
20-15	1863
15-12	1601
12-8	3379
8-5	4175
5-3	4979
3-2	3711
2-1	5005
1-0,5	4198

Com estes intervalos, utilizou-se a equação (4.4), que permitiu obter as Figura 4.7 e Figura 4.8 e a concomitante lei potência das distribuições.

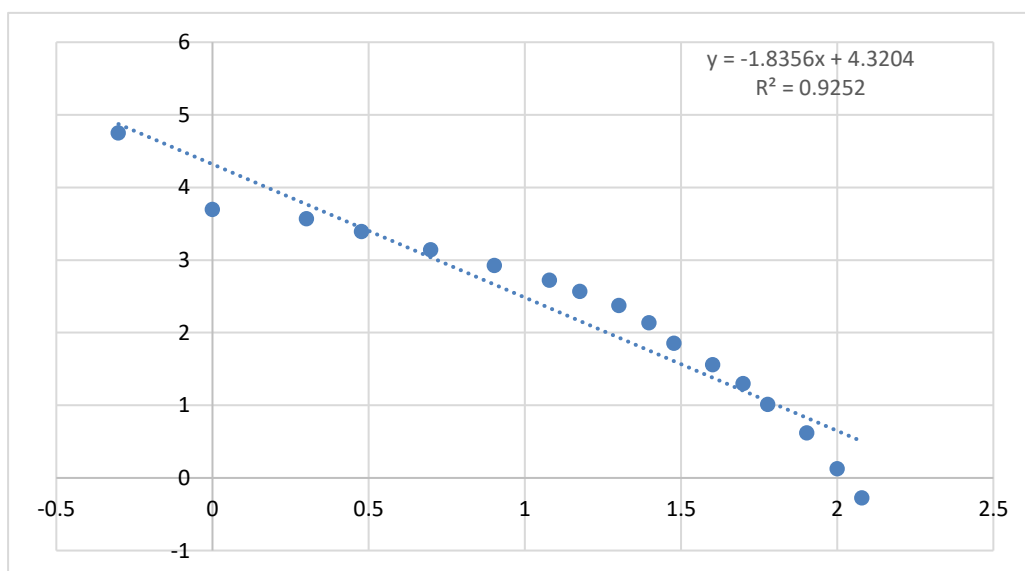


Figura 4.7 - Lei de potência DTP da entrada do MF5, ALC-R-BFI

O que se procura tirar da lei de potência é principalmente o coeficiente  $\beta$ . Se este fator for inferior a 1, a distribuição é dominada por partículas de grandes dimensões, se maior que 1, a

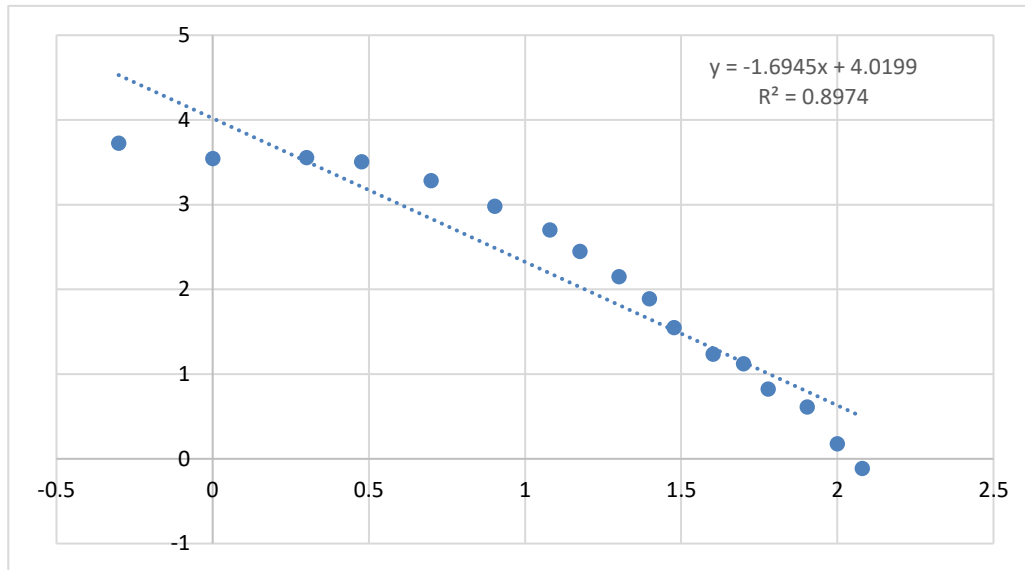


Figura 4.8 - Lei de potência DTP da saída do MF5, ALC-E-DPR.5

distribuição é dominada por pequenas partículas. A Tabela 4.12 compila os resultados obtidos com outros da literatura, facilitando a comparação.

Tabela 4.12 - Comparação de leis de potência para varios locais, adaptado de [21]

Local	SST (mg/l)	Fator $\beta$
<b>Lisboa-Alcântara</b>		
Entrada MF5	1 055	1,8
Saída MF5	395	1,6
<b>Hamburg-Stellingen</b>		
Efluente primário	144	1,4
Efluente secundário	19	1,0
<b>Seevetal:</b>		
Efluente primário	177	1,0
Efluente secundário	13	0,8
<b>Bad Bramstedt:</b>		
Efluente primário	212	1,2
Efluente secundário	42	1,0

É importante notar que se estão a comparar órgãos diferentes, sendo os efluentes primários e secundários, não efluentes de espessadores. Devido à falta de valores específicos de espessadores, são apresentados na tabela valores de tratamentos primários e secundários. É

possível ver que para o espessador o fator  $\beta$  obtido é, em relação aos apresentados por Neis e Thiem, elevado. Se outras fontes bibliográficas forem consultadas, podemos encontrar, fatores  $\beta$  até 4,5 [3]. Acredita-se que a forte presença de partículas de pequenas dimensões tenha como origem as escorrências das centrífugas. Se o floco de lama não for robusto o suficiente para suportar as forças G das centrífugas, pode desfazer-se resultando em escorrências com uma forte componente coloidal orgânica, o que resultaria, como se observa, elevada quantidade de partículas pequenas.

Da análise de tamanhos de partícula pode concluir-se que o MF5 tem uma elevada quantidade de partículas de pequenas dimensões, que podem ter dificuldade a coagular e flocular.

### iii. Potencial Zeta

Com as análises de potencial zeta procurou-se verificar a boa destabilização de cargas feita na etapa da coagulação. Isto permite aferir o bom funcionamento da etapa em questão e confirmar se o doseamento de reagentes é o indicado. As primeiras medições de potencial zeta foram feitas no dia 16 de julho e as segundas no dia 17 de julho. Os valores obtidos são apresentados, respetivamente, nas Tabela 4.13 e Tabela 4.14.

Tabela 4.13 - Medições de potencial zeta feitas dia 16 de julho

Nº amostra	Data recolha	Nome amostra	Tipo amostra	Conservação	Média
1	11/07/2018	ALC-R-BFI	Composta	Refrigerada	-9,8
2	11/07/2018	ALC-E-DPR5	Composta	Refrigerada	-8,6
3	11/07/2018	ALC-R-BFI 0 CTF	Pontual	Refrigerada	-10,1
4	11/07/2018	ALC-R-BFI 1 CTF	Pontual	Refrigerada	-10,4
5	11/07/2018	ALC-R-BFI 2 CTF	Pontual	Refrigerada	-10,6

Tabela 4.14 - Medições de potencial zeta feitas dia 17 de julho

Nº amostra	Data recolha	Nome amostra	Tipo amostra	Conservação	Média
6	11/07/2018	ALC-R-BFI	Composta	Congelada	-5,3
7	11/07/2018	ALC-R-DPR5	Composta	Congelada	-7,4
8	11/07/2018	ALC-R-BFI 1 CTF	Pontual	Congelada	-8,4
9	17/07/2018	Água torneira IST	Pontual	-	-21,2
10	17/07/2018	ALC-E-DSR	Pontual	Refrigerada	-14,9
11	17/07/2018	ALC-R-BFI 1 CTF	Pontual	Refrigerada	-4,7
1	11/07/2018	ALC-R-BFI	Composta	Refrigerada	-4,4

Estes primeiros ensaios tinham como objetivo determinar o bom funcionamento do coagulante. Porém, os resultados obtidos não foram os esperados. Ficaram muito tempo em repouso sendo



que só as 3 últimas amostras feitas foram tiradas no dia em que foram feitas. As amostras tiradas dia 11 foram conservadas de dois modos diferentes para tentar evitar a degradação da amostra, refrigeração e congelação.

Ao relembrar que dentro da gama dos 30mV até -30mV as soluções coloidais são consideradas instáveis, constata-se que todas as amostras estão instáveis. Foram feitas várias medições para tentar obter a maior quantidade de informação possível. As amostras 1 e 2 da Tabela 4.13 são a entrada e saída do MF5. A passagem de potencial zeta de -9,8mV para -8,6mV, mostra que a destabilização de cargas está a ter efeito, embora não muito acentuada.

Na mesma tabela estão as amostras pontuais de ALC-R-BFI com 0, 1 e 2 centrífugas em funcionamento (Nº 3,4 e 5). A variação entre as três amostras não é muito significativa, mas há um palpável aumento de potencial com o aumento de centrífugas em funcionamento, o que é sinal da influência das centrífugas na carga superficial.

A Tabela 4.14 compila todas as medidas de dia 17 de julho. Para permitir a medição das amostras 6,7 e 8, estas foram deixadas a descongelar durante a noite, tendo sido expostas a um prolongado tempo de calor. Por essa razão, as amostras congeladas apresentam valores peculiares. A entrada aparenta estar mais destabilizada (-5,3mV) do que a saída (-7,4mV), indicando que já não se observa o efeito de destabilização de carga por adição de reagentes.

As amostras 9, 10 e 11 foram as únicas tiradas no dia da medição. Sendo todas pontuais e apenas refrigeradas. A 9 serviu apenas para evidenciar que mesmo água da torneira é já considerada instável com um zeta de -21,2. A 10 e 11 têm o mesmo propósito que as amostras 1 e 2, verificar o funcionamento do tratamento físico-químico. Ao contrário destas, o efeito de destabilização é mais significativo pois o ALC-E-DSR é a montante da decantação primária, local onde a água não foi submetida a nenhum tratamento físico-químico.

O último ensaio feito foi a amostra 1 no dia 17 de julho. Esta medição foi refeita para confirmar o efeito de degradação que a temperatura tem nas amostras. Mesmo tendo sido mantida no frigorífico durante a noite, a amostra foi submetida à temperatura ambiente durante toda a duração das medições do primeiro dia. A diferença da medição feita no primeiro e segundo dia, respetivamente -9,8mV e -4,4mV é prova que a degradação por temperatura ocorre.

A análise ao potencial zeta permitiu verificar que o passo da coagulação está a ter o efeito desejado. Contudo, se este efeito for mais acentuado, a destabilização de carga elétrica será melhorada e mais próxima do objetivo [39].

#### **iv. Manto de lamas**

O manto de lamas foi medido pois permite detetar anomalias no funcionamento de um decantador. Foram feitas medições para todos os MF da ETAR de Alcântara, no dia 17 de maio, por volta das 15h00. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.15.

Tabela 4.15 - Altura dos mantos MF 1-5

Órgão de tratamento	Profundidade (m)	Altura manto (m)	Taxa extração (%)
MF 1	8,25	0,1	0,5
MF 2	8,23	0,12	0,5
MF 3	8,22	0,13	0,65
MF 4	8,22	0,13	0,6
MF 5	8,03	0,32	1,5

No início do estudo foi posta a hipótese de o manto estar demasiado alto e, por arrastamento de sólidos, piorar a qualidade do efluente. A medição feita determinou que a altura do manto para o MF5 era de apenas 32 centímetros, o que automaticamente descarta a hipótese da influência por arrastamento. O manto tem, no entanto, uma altura muito reduzida, o que pode ser causado pelo efeito do tratamento físico-químico. Para verificar esta conjectura, foram feitas novas medições a uma hora em que o doseamento de reagentes estivesse desligado tempo suficiente para a sua influência ser menos acentuada. Assim, o período ideal para as novas medições foi considerado a manhã, pois durante a noite, por motivo de baixas cargas aos MF, a adição de reagentes em automático é inexistente. Assim obteve-se a Tabela 4.16.

Tabela 4.16 - Verificação do efeito do tratamento físico-químico na altura do manto

Órgão de tratamento	Hora da medida	Profundidade (m)	Altura manto (m)	Taxa extração (%)
MF1	10h15	8,35	0	0,65
MF3	10h15	8,35	0	0,56
MF5	10h15	8,21	0,14	1,5
MF1	12h20	8,35	0	0,25

As novas medidas tiradas, observáveis na Tabela 4.16, não permitem tirar essa conclusão. Foram efetuadas apenas nos MF1, 3 e 5, em que tanto o MF1 como o 3 não apresentavam nenhum manto no local da medição. No MF5 verificou-se uma altura de 14 centímetros que também é consideravelmente menos que na medição anterior. O local de medição é a razão pela qual não há manto observável nos MF1 e 3 (Figura 4.9).

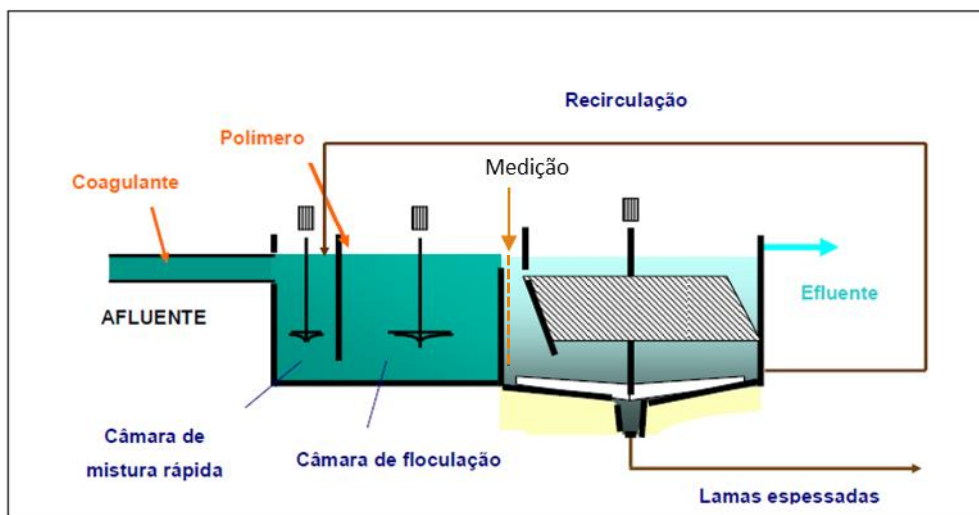


Figura 4.9 - Local de medição da altura do manto de lamas, adaptado de [11]

Idealmente o manto seria medido no centro do decantador. Todavia, sendo a medição impossível nesse local devido à presença das lamelas, é feita na periferia da câmara de decantação, junto à saída da câmara de floculação. A inclinação do fundo do decantador torna esse o ponto mais elevado do fundo do órgão. É também de notar que o MF tem uma tremonha no centro, com cerca de 2 metros de altura. Assim a razão pela qual os MF1 e 3 não possuem manto, e o MF5 possui um manto tão baixo no local de medição, é o espessamento ser feito abaixo dos 8,35 metros de altura, na pendente do fundo do órgão e na tremonha.

O principal problema que um manto de reduzida altura pode causar é a diminuição da sicidade da lama. Porém, como na ETAR de Alcântara a concentração de matéria seca da lama em todos os MF é controlada com base na medição em contínuo dos sólidos totais das lamas com sonda calibrada por balança de secagem e análises de laboratório, este problema não se põe.

### c) Investigação de novas medidas a implementar

Para determinar a origem do problema da elevada carga de sólidos à saída do espessador recorreu-se à caracterização detalhada dos caudais de entrada e saída deste, tal como a alguns parâmetros como a altura do manto. Os resultados obtidos nas várias análises feitas verificaram que o MF5 funciona com uma eficiência de cerca de 63%. Assim, a carga de sólidos elevada à sua saída, é provocada por uma carga de sólidos muito acima do valor para o qual o órgão foi dimensionado. Carga que, por sua vez, tem como origem umas escorrências da desidratação muito carregadas em sólidos coloidais.

A baixa taxa de captura da desidratação (80,2% de média 2017 e 79.9% em 2018), já foi estudada, não sendo possível, melhorar o funcionamento das centrífugas sem comprometer a sicidade da lama desidratada. Por esta razão, acredita-se que o problema tenha como origem as

propriedades das próprias lamas, muito acidificadas pelo tratamento físico-químico, e da pouca robustez dos flocos formados.

Para baixar a concentração de sólidos à entrada do tratamento secundário foram tomadas 2 abordagens:

- Investigação de um novo método de tratamento físico-químico, o *Triple-Dosage-Method*, através de ensaios de *jar test*;
- Ensaios industriais com o objetivo de mitigar a carga de sólidos ao MF5.

### i. *Jar test*

Os *jar tests* feitos foram o início da investigação de um novo método de tratamento físico-químico, o *Triple-Dosage-Method*. Como mencionado previamente, a técnica consiste em juntar aos reagentes já utilizados na decantação primária um polímero catiónico orgânico como coagulante. Foram feitos apenas testes preliminares, para averiguar que o sistema da adição de um reagente extra é benéfico ao processo de coagulação e floculação.

Ensaios laboratoriais feitos na ETAR de SJT comprovam o aumento de eficiência em redução de carência química de oxigénio [40].

Os testes foram realizados numa amostra de ALC-R-BFI, pontual, com uma centrífuga em funcionamento. Devido à falta de equipamento disponível e ao cariz preliminar dos testes, neste estudo, não foi feito nenhum outro controlo para além do visual.

As dosagens testadas no primeiro dia encontram-se discriminadas na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 - Dosagem testadas com amostra de ALC-R-BFI, 1 centrífuga em funcionamento. Ensaios feitos dia 2 de agosto.

Nº Amostra	Ferro ppm	Polímero catiónico ppm	Polímero aniónico ppm
1	5	0	0,3
2	5	0,5	0,3
3	5	1	0,3
4	5	2	0,3
5	14	0	0,3
6	14	2	0,3

As amostras 1 a 4 serviram para averiguar se a adição do polímero catiónico seria benéfica para a sedimentação em si. Para isto foi mantida a dosagem baixa de ferro utilizada na estação, e adicionados incrementalmente, em cada amostra 0,5 ppm de polímero catiónico. Foram tiradas fotografias ao longo do tempo de agitação para documentar a diferença da velocidade de sedimentação e a turvação do sobrenadante entre as quatro amostras (Figura 4.10, Figura 4.11, Figura 4.12 e Figura 4.13).



Figura 4.10 - Estado de sedimentação amostras nº1,2,3 e 4, 40 segundos após a paragem da agitação

A diferença entre as velocidades de sedimentação é aparente. Quanto mais polímero catiónico orgânico foi adicionado, melhores foram os resultados. Na figura 6.9 dá para observar que a amostra 4 já está quase toda sedimentada, ao invés das restantes três amostras.



Figura 4.11 - Estado de sedimentação amostras nº1,2,3 e 4, 70 segundos após a paragem da agitação





Figura 4.12 - Estado da sedimentação amostras nº1,2,3 e 4, 120 segundos após a paragem da agitação

O floco formado também é visivelmente diferente, como se pode observar nas várias figuras. Até mesmo após a sedimentação, já com os sólidos depositados, a diferença entre os flocos da amostra 1 e 4 é palpável.



Figura 4.13 - Estado da sedimentação amostras nº1,2,3 e 4, 3 minutos após a paragem da agitação

Já tendo determinado que a adição de coagulante orgânico é benéfica para a decantação, os ensaios 5 e 6 foram feitos para verificar o efeito com a dosagem alta de cloreto férrico. (Figura 4.14)

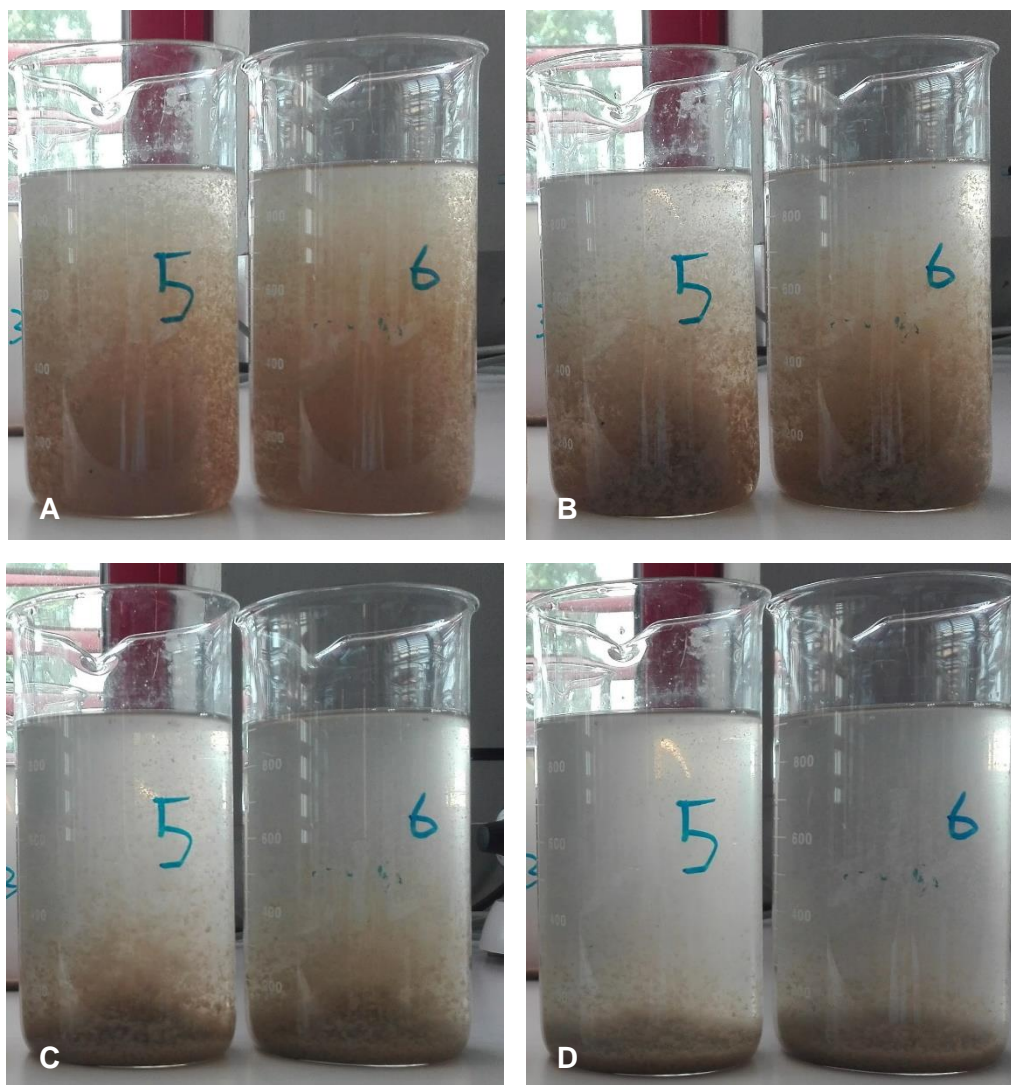


Figura 4.14 - Estado da sedimentação das amostras nº5 e nº6 após paragem da agitação, dia 2 de agosto. A-10 segundos; B-20 segundos; C-50 segundos; D-100 segundos

Para as amostras 5 e 6, com dosagem alta de ferro, o efeito do polímero orgânico já é mais discreto. Embora seja perceptível, a adição da mesma dose de polímero já não é tao significativa.

Foram realizados outros *jar tests* no dia 3 de setembro, novamente com uma amostra de ALC-R-BFI, pontual, com uma centrífuga em funcionamento. As dosagens testadas são apresentadas Na Tabela 4.18.

## Resultados e discussão

Tabela 4.18 - Dosagem testadas com amostra de ALC-R-BFI, 1 centrífuga em funcionamento. Ensaios feitos dia 3 de setembro.

Nº Amostra	Ferro ppm	Polímero catiónico ppm	Polímero aniônico ppm
0	0	7	0,3
1	5	5	0,3
2	2	5	0,3
3	1	5	0,3

Nas amostras 1, 2 e 3 observou-se a influência do teor em ferro na amostra, mantendo uma mesma dosagem de polímero orgânico de 5 ppm. Na Figura 4.15 podem observar-se os resultados.

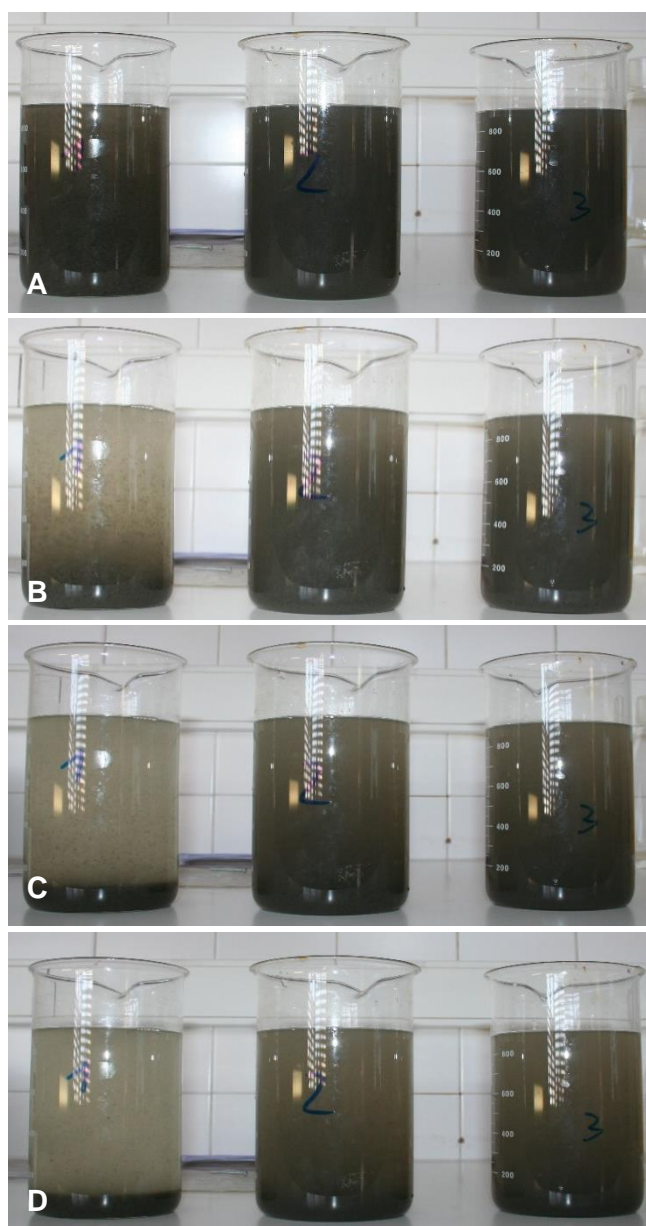


Figura 4.15 - Estado da sedimentação das amostras nº1, nº2 e nº3 após paragem da agitação, dia 3 de setembro. A-30 segundos; B-90 segundo; C-140 segundos; D-180 segundos



A importância do coagulante inorgânico é evidente. Ao reduzir o teor em ferro, a velocidade de sedimentação desce bruscamente e a coagulação-floculação não ocorrem, deixando sólidos particulados em suspensão.

Foi ainda feito o ensaio N°0, para confirmar que, sem o ferro, o polímero orgânico não tem o efeito desejado (Figura 4.16).



Figura 4.16 - Ensaio nº0 após 3 minutos de sedimentação

Pode concluir-se que o efeito do ferro é certamente amplificado pela utilização do polímero orgânico, mas não é dependente deste, enquanto o efeito do polímero é dependente do ferro.

Para analisar a viabilidade económica do *Triple-Dosage-Method* foi necessário contabilizar os preços por reagente. Para o ferro foi necessário converter o preço de cloreto férrico diluído em ferro puro, estando as dosagens dadas em ppms de ferro. Os preços por quantidade de água tratada são apresentados na Tabela 4.19 e Tabela 4.20. Encontra-se no anexo B.1 uma explicação detalhada dos cálculos realizados, e no B.2 os preços dos reagentes.

Tabela 4.19 - Preços dos reagentes por água tratada, para as dosagens testadas no dia 2 de agosto

Nº amostra	Dosagem			Preço por 1000m <sup>3</sup>			
	Fe ppm	M 100 H ppm	A 54 VH ppm	FeCl3 Euros	M 100 H Euros	A 54 VH Euros	Total Euros
1	5	0	0,3	5,53	0	0,79	<b>6,32</b>
2	5	0,5	0,3	5,53	0,37	0,79	6,69
3	5	1	0,3	5,53	0,74	0,79	7,06
4	5	2	0,3	5,53	1,48	0,79	7,80
5	14	0	0,3	15,47	0	0,79	<b>16,27</b>
6	14	2	0,3	15,47	1,48	0,79	17,75

Tabela 4.20 - Preços dos reagentes por água tratada, para as dosagens testadas no dia 3 de setembro

Nº amostra	Dosagem			Preço por 1000m <sup>3</sup>			
	Fe ppm	M 100 H ppm	A 54 VH ppm	FeCl3 Euros	M 100 H Euros	A 54 VH Euros	Total Euros
0	0	7	0,3	0,00	5,18	0,79	5,97
1	5	5	0,3	5,53	3,7	0,79	10,02
2	2	5	0,3	2,21	3,7	0,79	6,70
3	1	5	0,3	1,11	3,7	0,79	5,60

O resultado da adição de um coagulante extra é certamente benéfico. Porém, como muitas das melhorias, vem com um custo associado. Neste caso, o melhor cenário para as dosagens baixas, a amostra nº1 da Tabela 4.20, custaria 3,7 euros por cada 1000m<sup>3</sup> de água tratada. O valor pode parecer baixo, mas se o método for aplicado no MF5, tomando como caudal médio diário do órgão de 45000m<sup>3</sup>/dia, totalizaria a quantia de 166,5 euros por dia, ou cerca de 60 mil euros anuais. Já a dosagem do ensaio nº4 da Tabela 4.19 custaria 1,48 euros extra por cada 1000m<sup>3</sup>, que para a mesma situação mencionada acima, iria perfazer um valor de 24 mil euros anuais. Se implementada, uma dosagem de 2 ppm de coagulante orgânico representaria 19% dos custos quando em dosagem baixa de ferro e cerca de 1% em dosagem alta de ferro.

No âmbito de manter os custos em valores semelhantes aos atualmente utilizados, foram realizados 5 ensaios com dosagens diferentes extras. As dosagens testadas são apresentadas na Tabela 4.21.

Tabela 4.21 - Dosagens testadas mantendo o preço total de reagentes, dia 3 de setembro

Nº amostra	Dosagem			Preço por 1000m <sup>3</sup>			
	Fe ppm	M 100 H ppm	A 54 VH ppm	FeCl3 Euros	M 100 H Euros	A 54 VH Euros	Total Euros
4	5	0	0,3	5,53	0	0,79	<b>6,32</b>
5	4	1	0,3	4,42	0,74	0,79	5,95
6	3	3	0,3	3,32	2,22	0,79	6,33
I	14	0	0,3	15,47	0	0,79	<b>16,27</b>
II	10	5	0,3	11,05	3,7	0,79	15,54

As amostras nº4 e nºI servem de controlo para dosagens baixas e altas, respetivamente. Na Figura 4.17, pode observar-se a evolução ao longo da sedimentação das dosagens testadas que mantêm o preço de reagentes utilizados.

Estes ensaios procuravam manter o custo de reagentes e melhorar o desempenho. Contudo, como é visível nas figuras anteriores, os ensaios nº5 e nº6 não obtiveram melhores resultados, sendo assim descartados.

Para a dose alta, apenas uma dosagem foi testada, a do ensaio nºII. Com a Figura 4.18, compara-se o ensaio I (de controlo) e II.

## Resultados e discussão

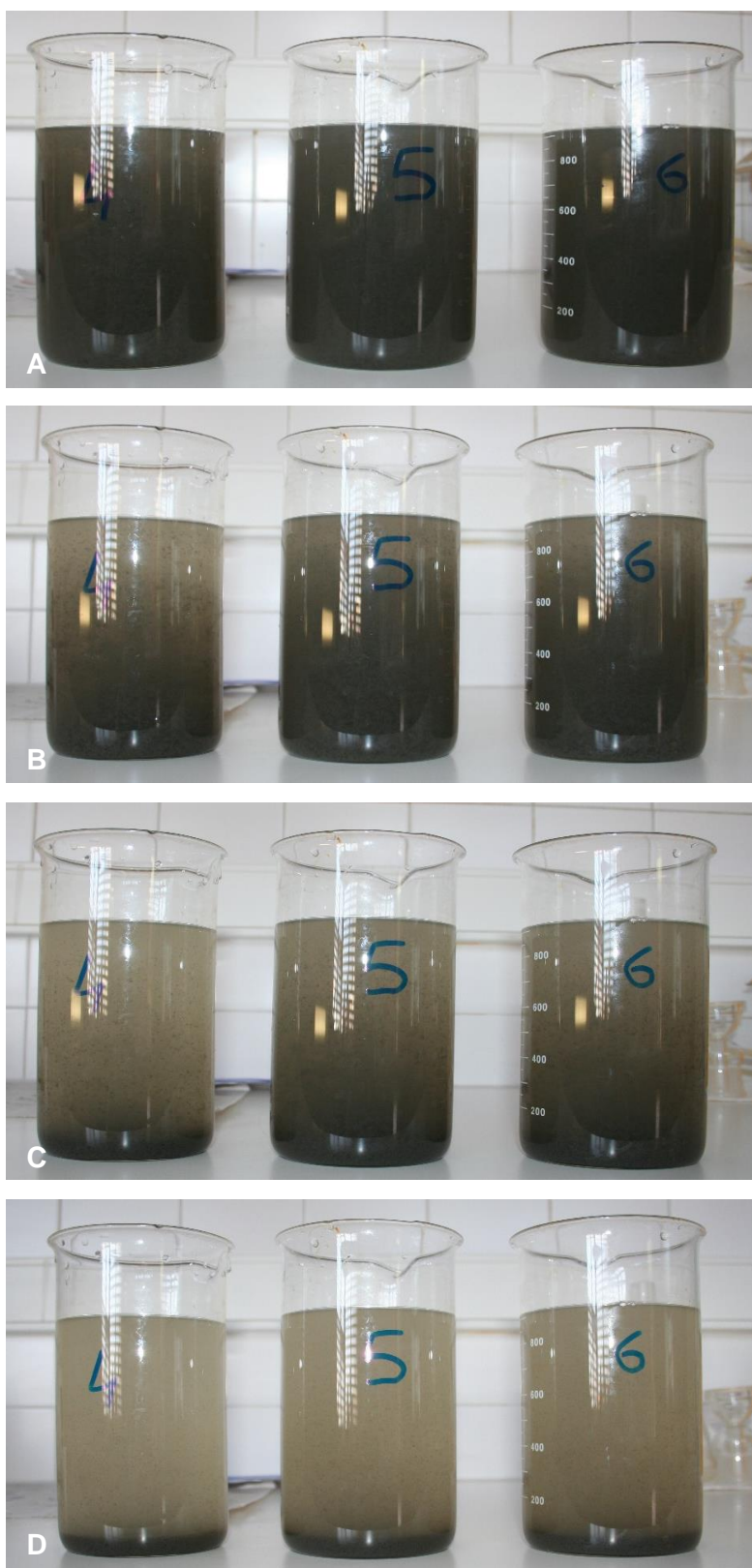


Figura 4.17 - Estado da sedimentação das amostras nº4, nº5 e nº6 após paragem da agitação, dia 3 de setembro. A-10 segundos; B-50 segundo; C-90 segundos; D-180 segundos

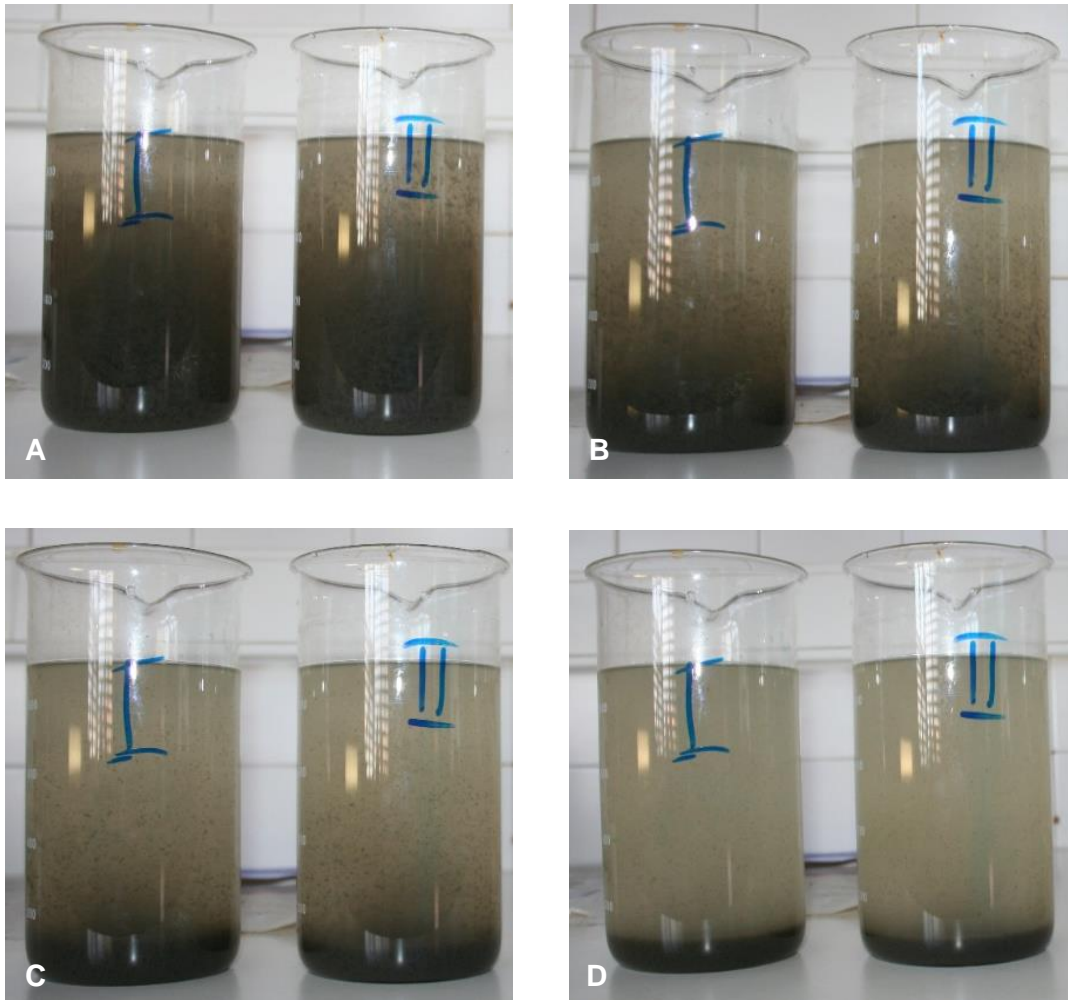


Figura 4.18 - Estado da sedimentação das amostras n°I e n°II após paragem da agitação, dia 3 de setembro. A-20 segundos; B-80 segundo; C-110 segundos; D-180 segundos

Ao observar as figuras é possível ver que o ensaio nºII obteve melhores resultados do que a dosagem de controle. É também de notar que o ensaio com menos cloreto férrico produziu um menor volume de lama. A poupança que esta dosagem proporcionaria é de apenas 72 centímetros por cada 1000m<sup>3</sup> de água tratada em dosagem alta. Porém, reduz a quantidade de cloreto férrico utilizado, resultando em menor produção de lamas e uma redução do efeito de acidificação das mesmas.

Dos vários ensaios *jar test* realizados é possível concluir que o *Triple-Dosage-Method* melhora o processo de coagulação-floculação-sedimentação. O polímero catiónico potencia o processo, no entanto não é um substituto do ferro, sendo dependente da presença do ferro na solução. Estipula-se que a razão pela qual o ferro é essencial para a mistura seja a formação de hidróxidos e arrastamento de partículas, que será menos significativo com o polímero, também justificando a formação de menos lamas. Porém, o *Triple-Dosage-Method* poderá oferecer maior robustez aos flocos formados capturando, com maior agregação, os colóides permitindo que os mesmos consigam sustentar as forças G das centrífugas.

### ii. GPS-X

Com o modelo já construído, foi simulado o efeito de redução de carga ao MF5 para ver se seria benéfico para o órgão. No modelo não foi considerada a lama não espessada proveniente do ACTIFLO, recebendo o MF5 as escorrências das centrífugas e as águas de lavagem como afluentes. A diminuição de carga de sólidos na afluência ao órgão só pode ser conseguida por redução de caudal ou de concentração de sólidos. Assim foram simulados 4 cenários:

- A variação de sólidos suspensos totais nas escorrências (Figura 4.19);
- A variação de caudal das escorrências (Figura 4.20);
- A variação de sólidos suspensos totais nas águas de lavagem (Figura 4.21);
- A variação de caudal das águas de lavagem (Figura 4.22).

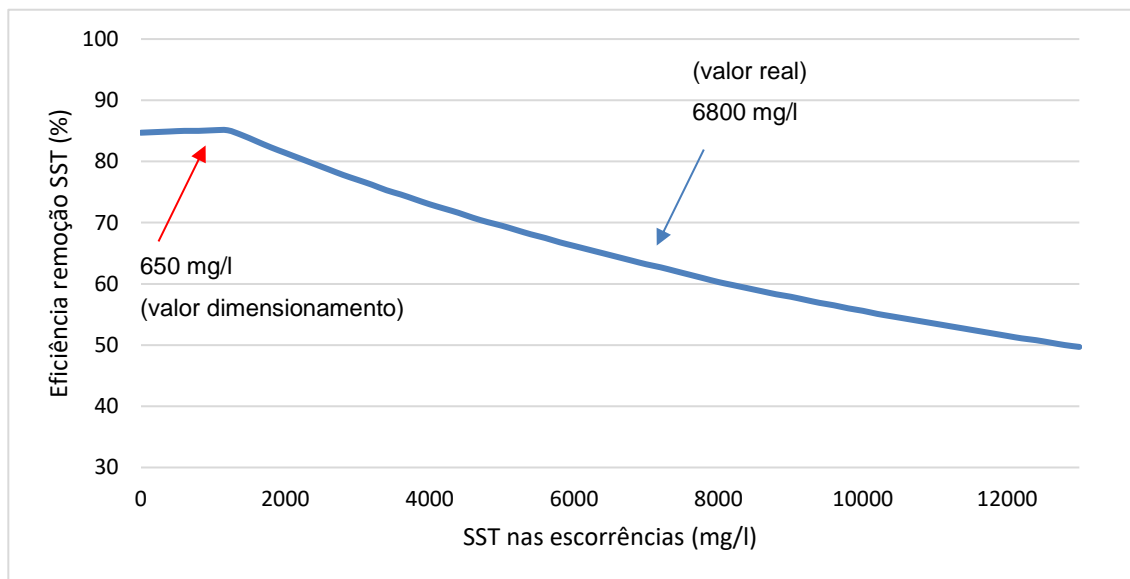


Figura 4.19 - Efeito da variação de SST das escurências na eficiência do MF5

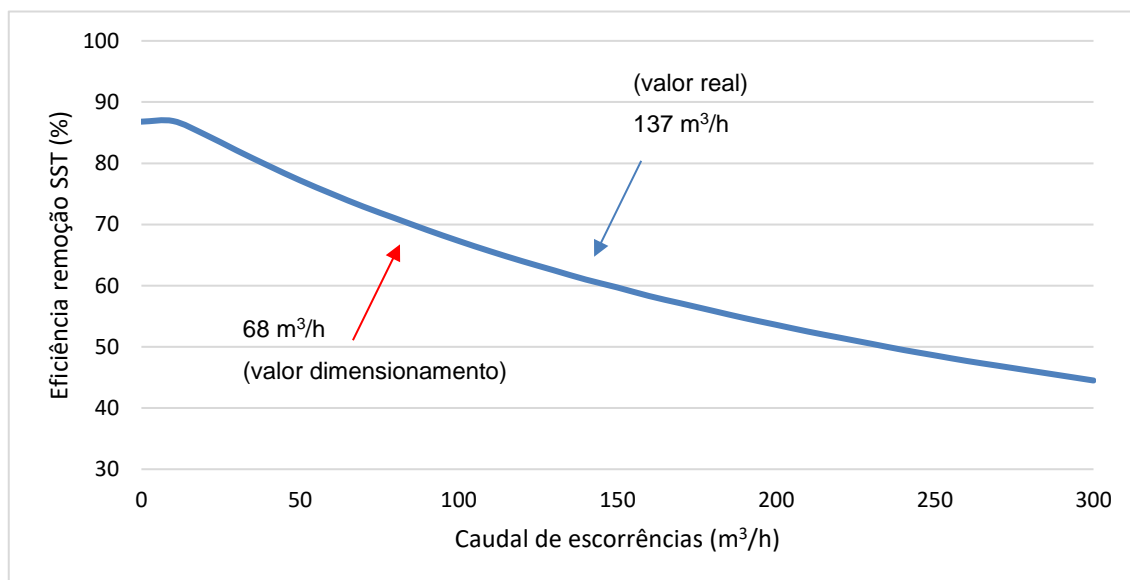


Figura 4.20 - Efeito da variação de caudal de escurências na eficiência do MF5

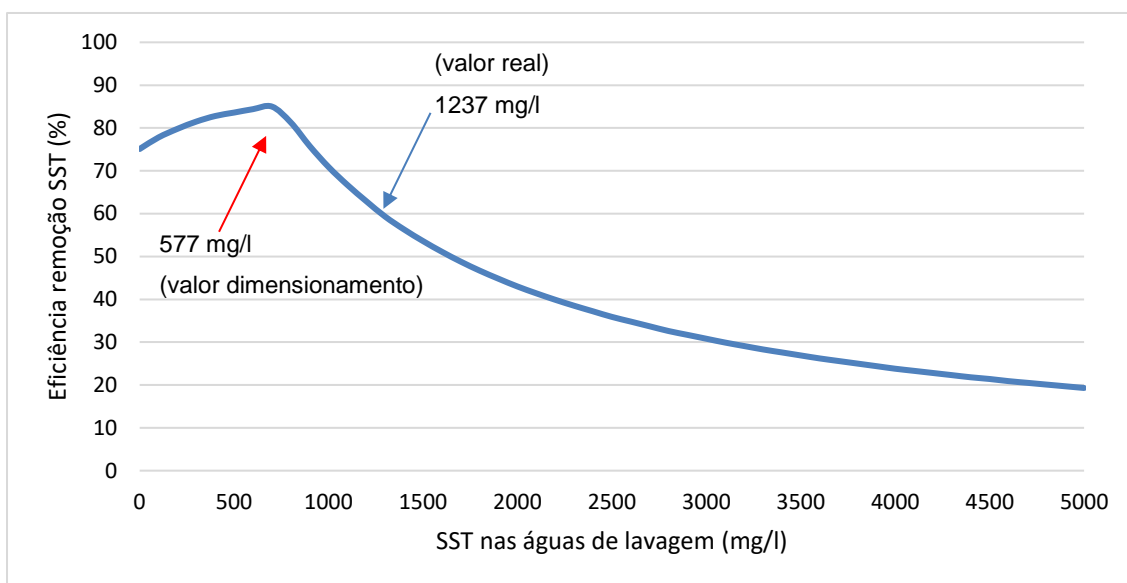


Figura 4.21 - Efeito da variação de SST das águas de lavagem na eficiência do MF5

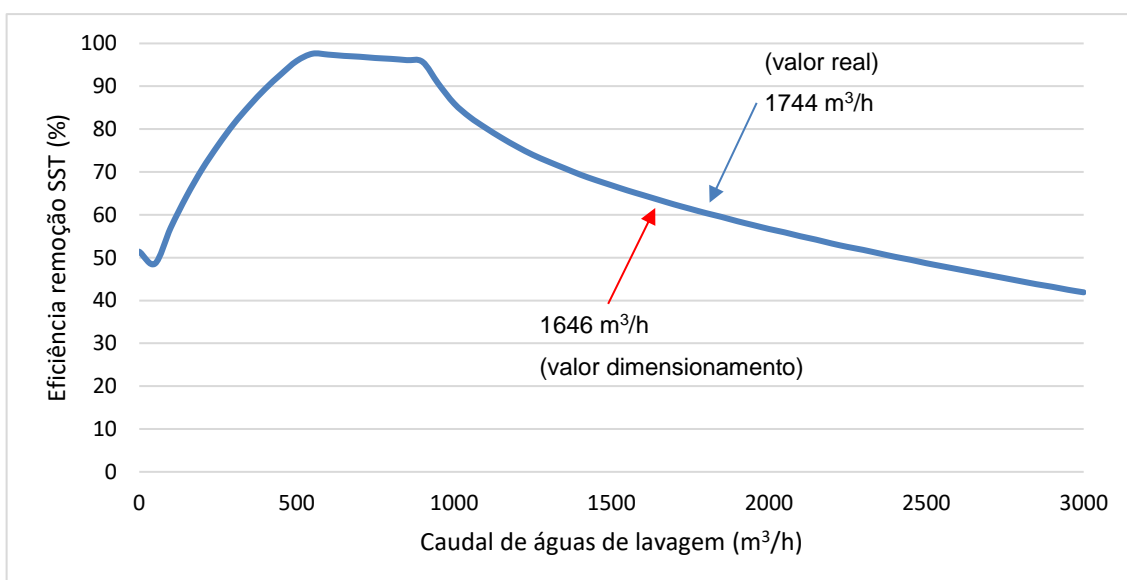


Figura 4.22 - Efeito da variação de caudal de águas de lavagem na eficiência do MF5



Nas quatro figuras as setas azuis indicam o valor dos dias da campanha de análises, postos no GPS-X, de SST e de caudais e onde na curva os valores se encontram. As setas encarnadas têm o mesmo propósito, mas para os valores dos balanços de dimensionamento.

É importante notar que cada variação foi feita mantendo todas as outras variáveis constantes. Com as Figura 4.19 e a Figura 4.20, pode constatar-se que independentemente de como a carga é variada, o perfil da simulação é semelhante. Este comportamento pode indicar que o problema do órgão é de facto a carga afluente ao MF5. Após as duas simulações, fica claro que a diminuição da carga das escorrências é benéfica para o MF5. Se os SST das escorrências fossem reduzidos para os valores de dimensionamento, a simulação prevê uma melhoria de 20% na eficiência do MF5, enquanto se o mesmo acontecesse com o caudal, a eficiência do órgão só beneficiará de um aumento de 11%.

As variações simuladas para as águas de lavagem já não possuem dois perfis tão semelhantes. De forma análoga às figuras anteriores, observa-se que qualquer redução de carga nas águas de lavagem seria profícua para o MF5.

Das simulações em GPS-X conclui-se que o espessador está em sobrecarga, sendo a causa da elevada concentração de sólidos à saída do órgão, a quantidade de sólidos que a este chegam. Assim, seria benéfico reduzir a carga ao MF5.

### **iii. Ensaio industriais**

O primeiro ensaio industrial procurou efetuar a redução de carga ao MF5 desviando as escorrências. Problemas técnicos nas válvulas de comporta do circuito de escorrências impossibilitaram a sua utilização para fazer o desvio para a cabeça de ETAR, como é feito em muitas estações de tratamento. Para mitigar a carga de sólidos afluentes ao MF5, foi, através de um jogo de válvulas, feito um desvio parcial de caudal para o MF4. As amostragens de rotina à entrada dos Biofiltros permitiram controlar o efeito do ensaio na carga de sólidos, que pode ser observada na Figura 4.23.

Neste primeiro ensaio industrial esperavam-se três coisas:

- Uma diminuição dos sólidos à saída do MF5;
- Um aumento dos sólidos à saída do MF4;
- Uma redução da carga de sólidos afluente aos BFI.

Durante o mês e meio do ensaio, através da supervisão, foram vigiadas as turvações dos MF4 e 5. A melhoria que se observou no MF5 foi de uma diminuição de cerca de 50 NTU. O MF4 manteve um perfil igual aos restantes do tratamento primário, excluindo as horas em que estavam duas centrífugas em funcionamento. Porém o efeito que se procurava era a diminuição da carga ao tratamento secundário.

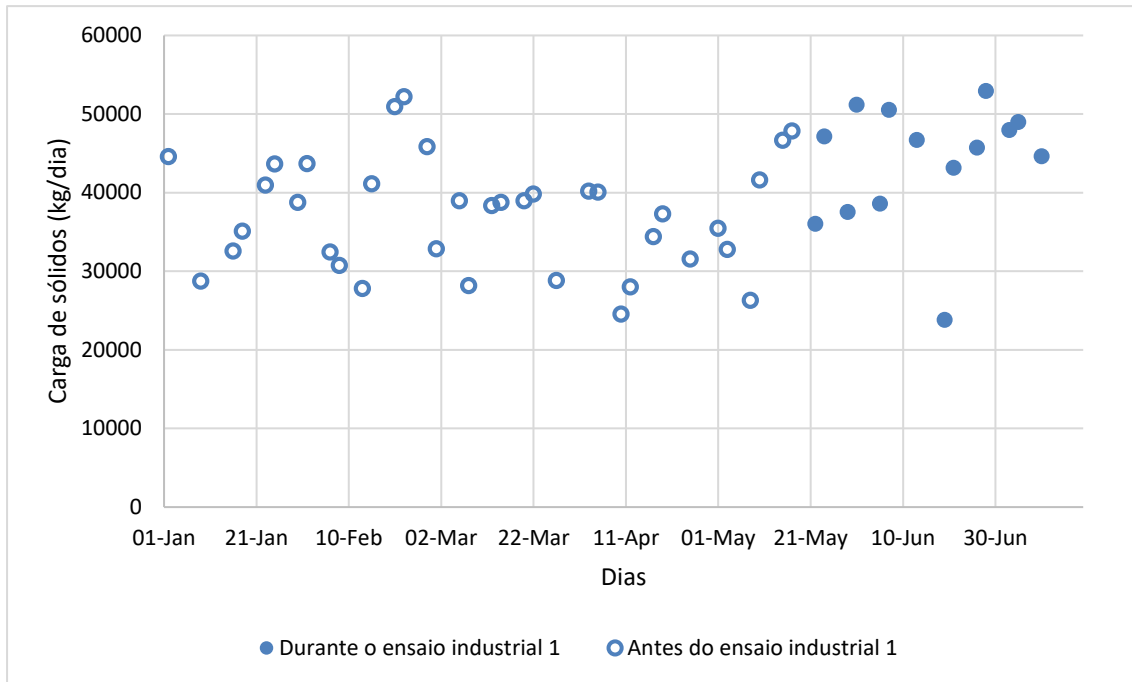


Figura 4.23 - Carga de sólidos diária de sólidos afluentes aos BFI, em 2018, ensaio 1

Na Figura 4.23, constata-se que, na entrada dos BFI, não houve a desejada diminuição de carga, tendo em vez disso, aumentado 17%. Isto pode indicar que o agravamento da carga à saída do MF4 excedeu a melhoria à saída do MF5. Assim, embora benéfico para o MF5, o desvio não seria uma melhoria para o processo. A Figura 4.24 mostra que o ligeiro aumento de carga foi

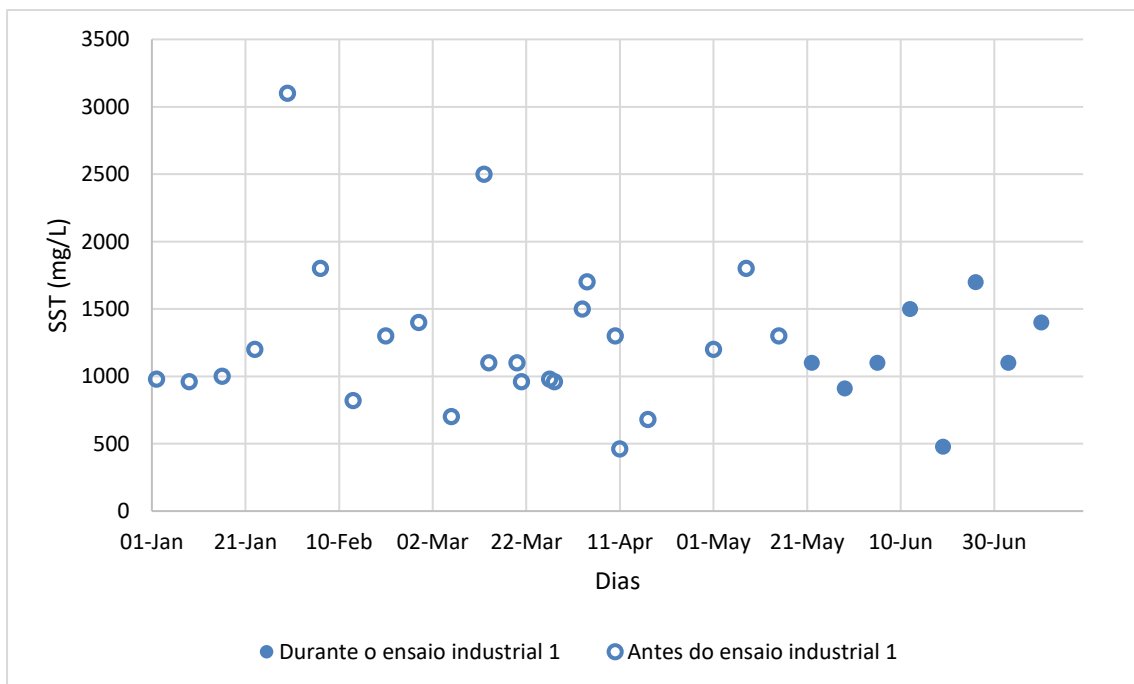


Figura 4.24 - Concentração de sólidos efluentes do TAL, em 2018, ensaio 1

causado por um aumento de concentração, tendo sido observada uma diminuição de caudal de 10% no período do ensaio.

A não melhoria da qualidade do afluente aos BFI pode ter sido causada por umas escorrências e águas de lavagem mais carregadas durante a época do ensaio. A Figura 4.24 evidencia que este pode ser o caso. Assumindo que o caudal de ALC-R-BFI se manteve estável durante o ensaio, o aumento da concentração de sólidos de 21% pode ter sido responsável pelo aumento de carga afluente aos BFI. Desconfia-se que a causa de aumento de sólidos no TAL tenha resultado da adaptação da biomassa do tratamento secundário à mudança de temperatura que aconteceu durante o ensaio, libertando uma maior quantidade de EPS e SMP's.

No dia 10 de julho o ensaio foi terminado, concluindo que o desvio, embora certamente benéfico para o MF5, não foi benéfico para a estação pois causou um aumento dos sólidos à entrada dos Biofiltros. É, no entanto, importante notar que teoricamente o ensaio é benéfico, sendo então necessário a repetição do mesmo sem o efeito da adaptação da biomassa.

O segundo ensaio industrial começa 2 dias depois, no dia 12 de julho. Com o circuito de escorrências arranjado, desviou-se, cerca de 30% do caudal para a cabeça da ETAR. De forma análoga ao ensaio anterior, controlou-se a carga à entrada dos BFI (Figura 4.25).

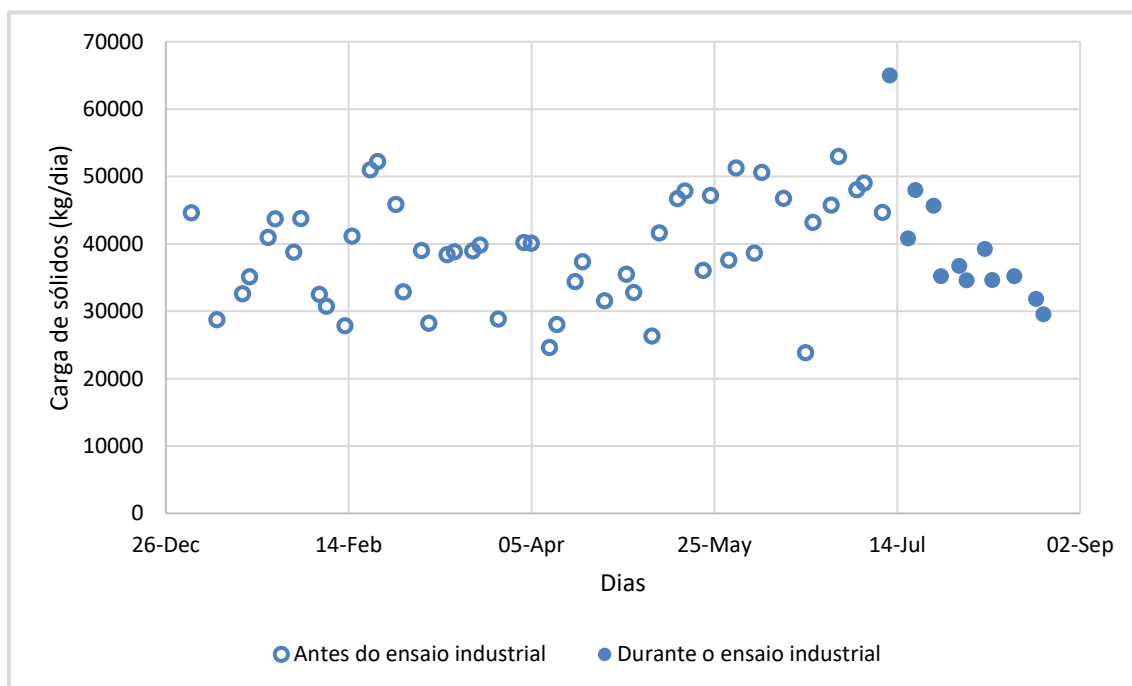


Figura 4.25 - Carga de sólidos diária afluente aos BFI, em 2018, ensaio 2

Ao contrário do ensaio anterior, observou-se uma redução de 30% de sólidos afluentes ao tratamento secundário. Acompanhando esta diminuição de carga existiu uma diminuição de concentração de 34% (Figura 4.25 e Figura 4.26).

Porém, há mais uma vez variáveis não controláveis que podem condicionar os resultados do ensaio. Durante os dias do desvio, houve uma descida do caudal tratado, causada pela falta de chuvas, por tempo quente, e período de férias (Figura 4.27). Concomitante a esta diminuição de caudal, observaram-se também escorrências mais limpas (Figura 4.28).

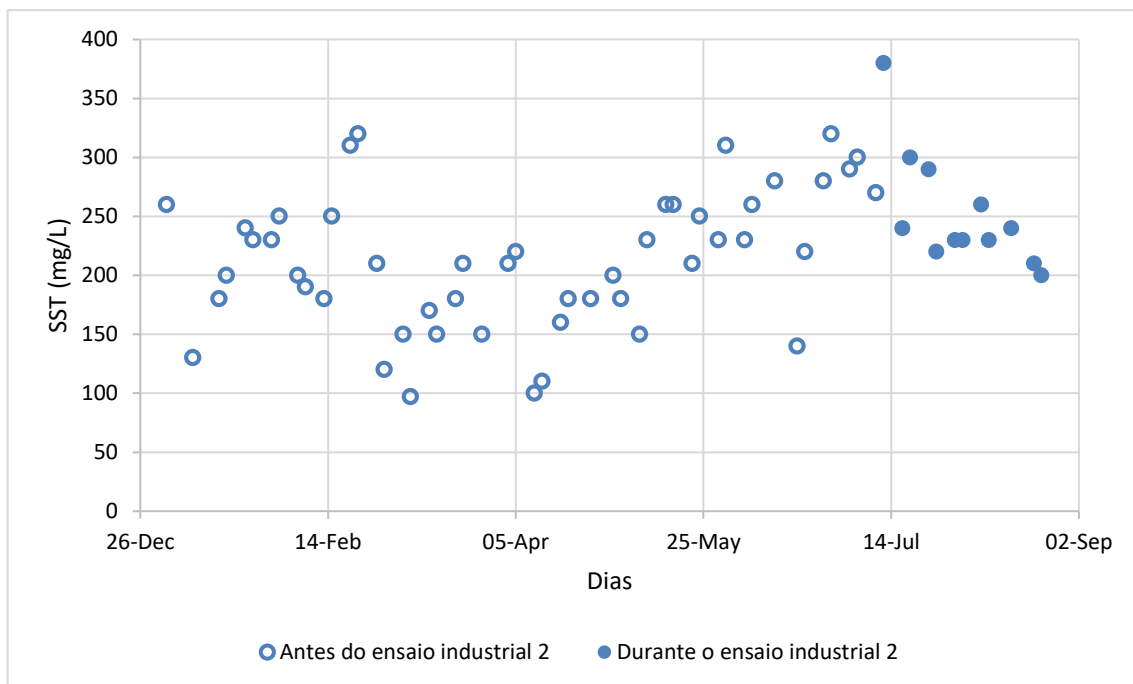


Figura 4.26 - Concentração de sólidos à entrada dos BFI, em 2018, ensaio 2

A descida na concentração de sólidos nas escorrências é um fator importante no ensaio pois tanto pode ser um fator externo que influenciou o seu desfecho, como pode ser um resultado do ensaio. As lamas espessadas nos primeiros quatro MF já não são totalmente primárias, existindo o efeito de absorção/adsorção à lama biológica parcialmente intruduzida nesta etapa de tratamento, melhorando a desidratação e consequentes escorrências mais limpas. É de notar que a carga de escorrências não é apresentada por impossibilidade do seu cálculo exacto, sendo apresentada apenas a evolução da sua concentração.

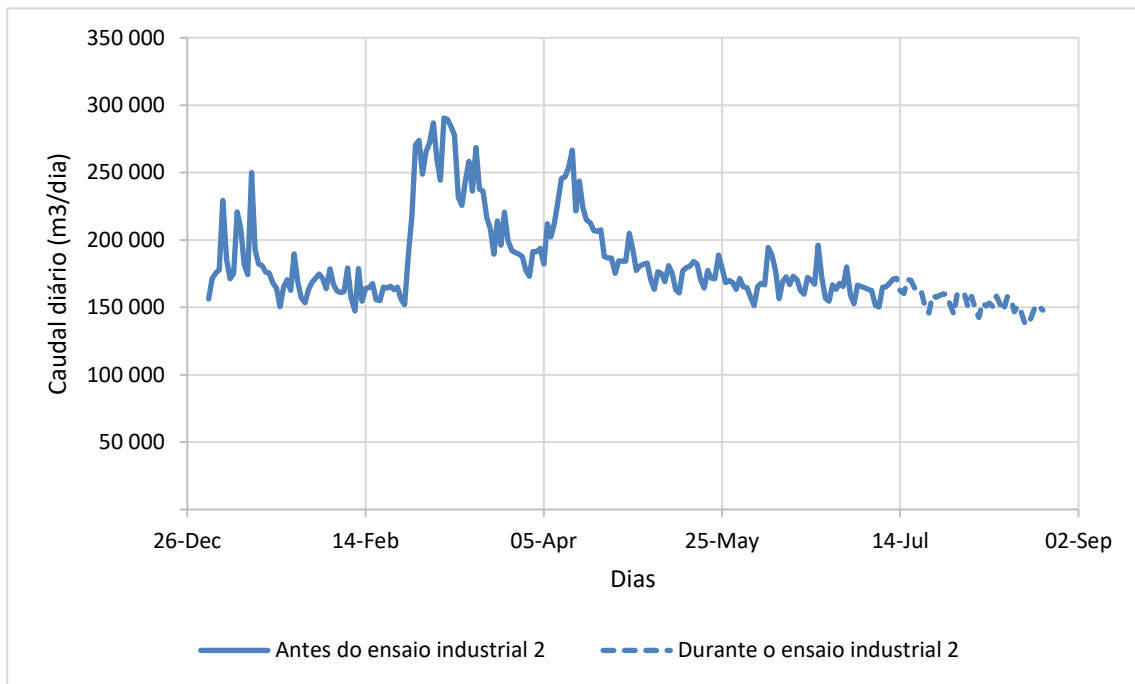


Figura 4.27 - Caudal diário afluyente aos BFI, em 2018, ensaio 2

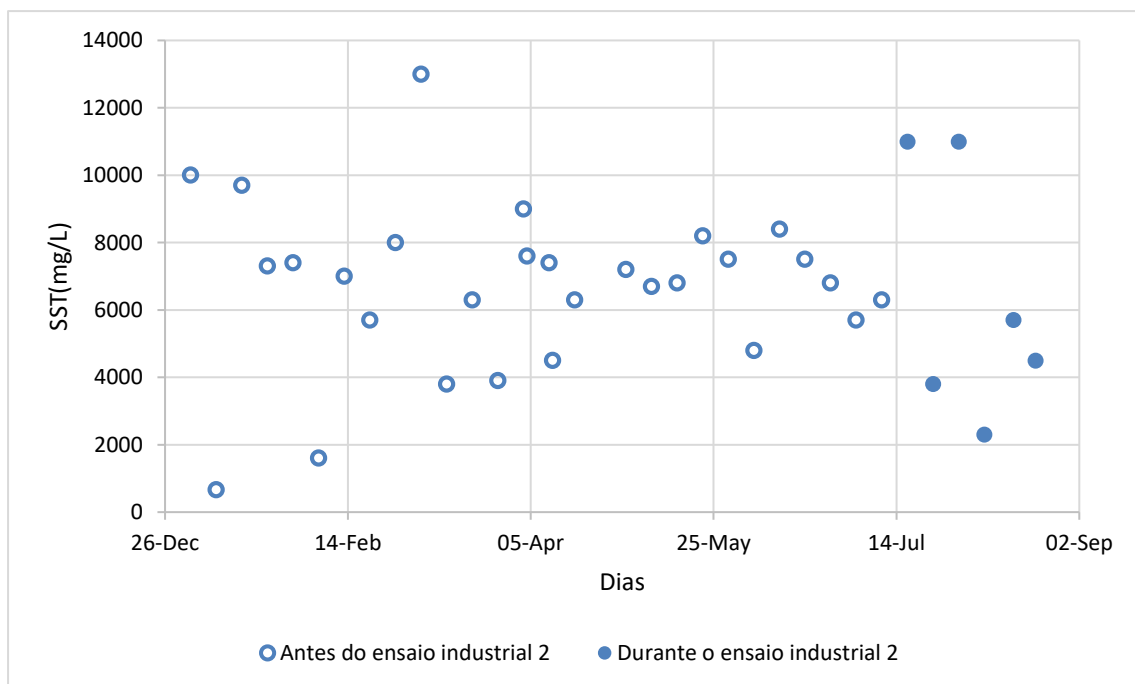


Figura 4.28 - Concentração de sólidos nas escorrências, em 2018, ensaio 2

Como mencionado neste estudo, a linha de espessamento, as centrífugas e os biofiltros influenciam se uns aos outros. Este ensaio desvia parte das escorrências para a entrada do processo, juntando assim os MF1-4 ao ciclo, já não sendo apenas influenciadores, mas também influenciados (Figura 4.29).

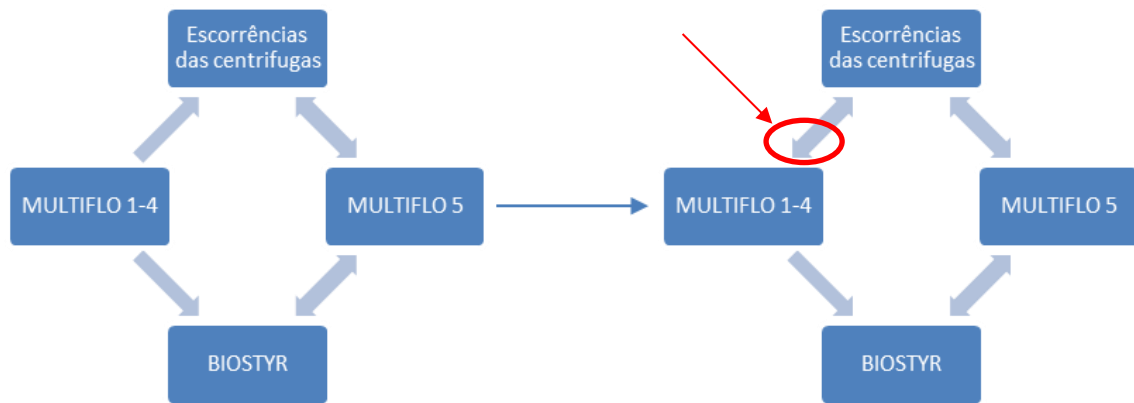


Figura 4.29 - Influência inter-processos na ETAR de Alcântara, antes do ensaio (esquerda) e depois (direita)

Esta dependência torna a interpretação exata da diminuição de carga complicada. O ensaio e a sua monitorização mantêm-se, estando até prevista uma obra para desviar todo o caudal de escorrências para a entrada da decantação primária.

## 5. Conclusões e trabalhos futuros

A ETAR tem, desde a sua conceção, um problema na linha de espessamento, que provoca a sobrecarga em sólidos do tratamento secundário. A carga de sólidos de elevada percentagem de voláteis e cariz coloidal é superior à esperada na conceção da estação, provocando a colmatação dos BFI mais regular e consequentemente, mais lavagens. A elevada frequência de lavagens origina, através de arrastamento de lamas secundárias em excesso, uma redução da qualidade do efluente final. Além disto, lavagens mais frequentes significam mais elevação de águas de lavagem, que anualmente representam 70 mil euros em custos energéticos.

O presente trabalho é o passo inicial na resolução do citado problema, onde foi feita uma detalhada caracterização do funcionamento do MULTIFLO de espessamento (MF5) e explorados alguns métodos para mitigar a carga de sólidos afluente aos BFI.

A caracterização passou por uma rigorosa investigação do historial do MF5 e a determinação de vários parâmetros do afluente e efluente ao órgão através de várias análises laboratoriais.

O historial do MF5 mostra que este é a principal causa da sobrecarga aos BFI, sendo responsável, consistentemente, por mais de 50% dos sólidos que afluem aos BFI. Os balanços de conceção e dimensionamento, já de si muito otimistas (com uma eficiência de remoção de 92%) permitiram concluir que o próprio órgão de espessamento estava a funcionar além da sua carga normal.

Foi feita uma campanha de análises que permitiu calcular a eficiência do MF5, e determinar vários parâmetros, específicos ao órgão. O MF5 remove cerca de 63%, 65% e 70% de SST, CQO e CBO respetivamente, evidenciando que não funciona de forma anómala. A percentagem de voláteis no espessador é de 88% o que é esperado numa ETAR com afluente principalmente municipal. A biodegradabilidade do seu efluente é avaliada pelo rácio CQO/CBO, que, obtendo um valor de 2,8 não é muito elevada. A campanha permitiu também determinar as contribuições em carga dos diferentes afluentes ao MF5. Em termos de carga de sólidos, as escorrências das centrífugas representam cerca de 50%, enquanto em termos de caudal, representam apenas 7%. Juntamente com os balanços de dimensionamento, concluiu-se que a elevada concentração de sólidos das escorrências da desidratação é a origem da sobrecarga em sólidos do MF5.

O aspeto leitoso e a presença visível de sólidos de pequena dimensão, no efluente do MF5, levou também à determinação da distribuição de tamanho de partículas, um parâmetro com uma influência direta na sedimentabilidade de sólidos. A contagem e subsequente análise de sólidos foi feita para sólidos suspensos e dissolvidos, sem os separar por filtração, devido à

impossibilidade de filtrar e recuperar as partículas sem influenciar as suas características. A secagem em liofilizador foi ideal, deixando a amostra sob a forma de um pó solto, fácil de dispersar no microscópio. A distribuição de tamanho de partículas exibiu duas particularidades: uma elevada quantidade de pequenas partículas, resultante de uma elevada carga coloidal presente nas escorrências das centrífugas; uma maior percentagem de partículas com dimensões entre 2 e 12 micron à saída do órgão, causados por uma etapa de coagulação-floculação incompleta no MF5.

Foi investigado o efeito da coagulação através de medições de potencial zeta. As análises à carga superficial das partículas no líquido permitiram aferir o bom funcionamento do coagulante utilizado, cloreto férrico. Foi avaliada a estabilidade coloidal da água no processo, mostrando que mesmo à entrada da ETAR, a água é considerada uma solução coloidal instável. Porém o efeito do tratamento físico-químico é observável, aproximando o potencial zeta 1,2 mV do valor 0 (valor ideal). A degradação das amostras revelou ser um problema, pois quanto mais tempo as amostras ficaram expostas a uma temperatura ambiente, mais a solução ficou instável. Foi também determinado que as escorrências das centrífugas influenciam ligeiramente a carga superficial, estabilizando os coloides em suspensão e dificultando a coagulação.

A altura do manto de lamas foi medida para todos os MF. Observou-se um manto de tamanho muito reduzido que nunca excedeu os 30cm. Julgou-se inicialmente tratar-se do efeito dos reagentes utilizados, tendo essa dúvida sido mais tarde desacreditada. Um manto de lamas baixo não é, no entanto, um problema na estação, pois a sicidade das lamas é controlada por sensor de sólidos totais na extração e bombagem de lamas espessadas.

Os *jar tests* realizados procuraram investigar o *Triple-Dosage-Method*. Observou-se que o efeito da adição de polímero catiónico orgânico juntamente com o cloreto férrico é benéfico ao processo. Os ensaios permitiram também concluir que embora o polímero potencie o efeito do ferro, não age como um substituto do metal, pois sem este não produz efeitos visíveis. Foram testadas várias dosagens utilizando este método, mas mantendo o custo de reagentes, as quais não apresentaram melhorias no processo. A exceção foi a dosagem 10ppm de ferro 5 de catiónico e 0,3 de aniónico, que exhibe um efeito melhor que a dosagem alta utilizada na estação, sem aumentar o custo de reagentes. O principal efeito que se pretendia com o TDM era o aumento da robustez dos flocos para que estes não se desfizessem na desidratação. Um efeito que não pode ser avaliado em *jar tests*. Assim, conclui-se que a adição de polímero orgânico na etapa da coagulação é sem dúvida benéfica para a eficiência do decantador onde for aplicada, mas que são necessários mais ensaios, à escala industrial nos decantadores centrífugos, para averiguar o seu efeito na robustez dos flocos.

O GPS-X foi uma ferramenta fundamental para o trabalho. Ainda numa etapa anterior aos resultados obtidos nos ensaios industriais, permitiu compreender de uma forma mais detalhada



o funcionamento de um decantador e de um espessador e os parâmetros e variáveis mais importantes no seu desempenho. Com as simulações feitas foi possível ter uma ideia do comportamento do MF5 face a vários cenários. Este *software* de modelação também veio confirmar a hipótese de que o órgão se encontra em sobrecarga de sólidos, mostrando que é profícuo para o MF5 reduzir a carga que a este aflui. É, no entanto, importante notar que o modelo foi afinado com uma quantidade limitada de valores. Uma afinação mais meticulosa é necessária, o que passaria por mais análises ao órgão, para poder utilizar o modelo com mais confiança.

Ambos os ensaios industriais realizados e analisados neste trabalho procuraram reduzir os sólidos afluentes ao tratamento secundário. Para tal procedeu-se a uma mitigação da carga afluyente ao MF5. O primeiro ensaio reduziu a carga em 25% desviando parte do afluente do órgão espessador para o seu MF substituto, o MF4. O resultado deste ensaio não foi o esperado tendo sido observado um aumento da carga afluyente aos biofiltros. Contudo, teoricamente o ensaio é benéfico, tendo sido a provável razão do insucesso do desvio a adaptação da biomassa do tratamento secundário ao aumento da temperatura da água, resultando na libertação de EPS e SMP. Por esta razão, foi previsto refazer o ensaio para verificar o resultado.

O segundo ensaio industrial procurou aliviar a carga ao MF5 desviando parte das escorrências das centrífugas. Com o atual circuito de escorrências, apenas cerca de 30% do caudal pôde ser reencaminhado para a entrada da estação por falta de capacidade hidráulica do circuito existente. O resultado deste ensaio é mais favorável que o anterior, tendo originado uma redução da carga afluyente aos BFI de 30%. É necessário ter em conta a altura do ano em que este ensaio foi feito: o período em que a população lisboeta está de férias. Durante esta época, há uma diminuição de caudal a tratar, podendo ter concorrido para a melhoria no processo.

Foram investigados alguns modos de reduzir a carga afluyente aos BFI e as consequentes lavagens excessivas, através de um estudo focado no funcionamento do MF5. Porém, este não é o único órgão de tratamento que contribui para a carga. Propõe-se que o problema seja abordado por um outro lado. A baixa taxa de captura das centrífugas é um ponto a otimizar, onde podem ser investigados novos reagentes como polímeros em emulsão. A estação de Alcântara não tem tratamento secundário tradicional, tendo as suas lamas características únicas. Um estudo extensivo sobre as lamas, com uma análise comparativa com outras instalações com biofiltração poderia ser benéfico não só para o tratamento primário, como para a desidratação. Finalmente, um estudo mais detalhado sobre o *Triple-Dosage-Method* também é necessário, com possíveis ensaios industriais, para poder realmente avaliar o efeito do um novo reagente nos flocos formados no processo de desidratação.



## Referencias bibliograficas

- [1] J. L. Bandu, "Étude des options de traitement secondaire des eaux usées pour la région du Grand Moncton," Université de Moncton, Ottawa, M.Sc. Thesis 1999.
- [2] Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*, 5th ed., David Stensel H., Tsuchihashi R. Burton F. Tchobanoglous G., Ed. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2014.
- [3] Michael C. Kavanaugh, Carol H. Tate, Albert R. Trussel, R. Rhodes Trussell, and Gordon Treweek, "Use of Particle Size distribution Measurements for Selection and Control of Solid/Liquid Separation Processes," in *Particulates in Water*, 1980, ch. 14, pp. 305-328.
- [4] A. D. Levine, G. Tchobanoglous, and T. Asano, "Size Distributions of Particulate Contaminants in Wastewater and Their Impact on Treatability," *Water resources*, vol. 25, no. 8, pp. 911-922, Agosto 1991.
- [5] I. B. Hadj, "Caractérisation de la taille des particules et de leur vitesse de chute en décantation primaire," Université Laval, Québec, M.Sc. Thesis 2013.
- [6] W. J. Maia, "Caracterização de nanopartículas blenda de biopolímeros (PHBV, PCL e PLLA) contendo progesterona," Coordenação de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, B.Sc. thesis 2014.
- [7] R. H. Ottewill, "Stability and Instability in Disperse Systems," *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 58, no. 2, pp. 357-373, Fevereiro 1976.
- [8] S. Bhattacharjee, "DLS and Zeta Potential - What they are and what they are not?," *Journal of Controlled Release*, vol. 235, pp. 337-351, Junho 2016.
- [9] F. R. Spellman, *The Science of Water, Concepts and Applications*, 2nd ed. New York, NY: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008.
- [10] M. V. Sperling, *Wastewater Characteristics, Treatments and Disposal*. London, England: IWA, 2007, vol. 1.
- [11] SIMTEJO, "Manual de Instruções de Funcionamento e de Manutenção, ETAR de Alcântara Lisboa," 2014.
- [12] Water Environment Federation, *Design of Water Resource Recovery Facilities*, 6th ed. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2018.
- [13] N. K. Shammas, "Coagulation and Flocculation," in *Physicochemical Treatment Processes*. Totowa, NJ: Humana Press, 2005, pp. 103-139.
- [14] M. J. Junior and L. C. Varanda, "O mundo dos colóides," *Química nova na Escola*, vol. 9, pp. 9-14, Maio 1999.
- [15] T. Li, Z. Zhu, D. Wang, C. Yao, and H. Tang, "Characterization of floc size, strength and structure under various coagulation mechanisms," *Powder Technology*, vol. 168, pp. 104-110, Julho 2006.
- [16] Suez. Degremont water handbook. Acessível em <https://www.suezwaterhandbook.com>, consultado em 2018
- [17] W. Nowicki and G. Nowicka, "Verification of the Schulze-Hardy Rule," *Journal of chemical Education*, vol. 71, no. 7, pp. 624-626, Julho 1994.
- [18] W. E. Dietrich, "Settling Velocity of Natural Particles," *Water Resources Research*, vol. 18, no. 6, pp. 1615-1626, December 1982.
- [19] N. P. Cheremisinoff, *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. Boston, MA: Butterworth-Heinemann, 2002.
- [20] J. F. Richardson and J. H. Harker, *Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Particle Technology and Separation Processes*. Oxford, England: Butterworth-Heinemann, 2002, vol. 2.
- [21] U. Neis and A. Thiem, "Particle Size Analysis in Primary and Secondary Wastewater Effluents," *Water Science and Technology*, vol. 36, no. 4, pp. 151-158, 1997.

- [22] S. J. Milne and H. Mostaghaci, "The Influence of Different Drying conditions on Powder Properties and Processing Characteristics," *Materials Science and Engineering*, vol. 130, no. 2, pp. 263-271, Dezembro 1990.
- [23] M. J. Choi, S. Briançon, J. Andrieu, S. G. Min, and H. Fessi, "Effect of Freeze-Drying Process Conditions on the Stability of Nanoparticles," *Drying Technology*, vol. 22, pp. 335-346, 2004.
- [24] J. Liu, W. Jiand, J. Zeng, Y. Wang, and F. Li, "Effect of Drying on Particle Size and Sensitivities of Nano Hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine," *Defence Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 9-16, Março 2014.
- [25] Colloid Metrix GmbH. Colloid Metrix GmbH Web Site. Acessível em <https://www.colloid-metrix.de/en/applications/articles-colloid-analysis/easy-understanding-of-particle-charge-and-efficient-use-of-it.html>, consultado a 20 de julho de 2018
- [26] Bamo Mesures, MUDLine TGS - Operating Instructions, Dec. 09, 2014.
- [27] H. M. Montes, M. T. Santos, A. M. Barreiros, and A. Albuquerque, *Tratamento de Águas residuais, Operações e Processos de Tratamento Físico e Químico*. Lisboa, Portugal: Guide - Artes Gráficas, 2016.
- [28] F. M. Mourato, "Otimização do doseamento de reagentes na Decantação Primária," Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, M.Sc. Thesis 2015.
- [29] H. Ødegaard, "Optimised particle separation in the primary step of wastewater treatment," *Water Science and Technology*, vol. 37, no. 10, pp. 43-53, 1998.
- [30] E. Lund, "Modelling Chemically Enhanced Primary Settlers Treating Wastewater, using Particle Settling Velocity Distribution," Uppsala Universitet, Uppsala, M.Sc. Thesis 2014.
- [31] S.G. Larsson J. Sörensen, "Particle Separation in Wastewater Treatment," in *Chemical Water and Wastewater Treatment II*, R. Klute and H. Hahn, Eds. Nice, France: Springer, 1992, ch. 3, pp. 181-190.
- [32] C. Hellstedt et al., "Increased Biogas Production at The Henriksdal WWTP," Stockholm Vatten, Stockholm, European Project, Biogasmax 2010.
- [33] Talis, Datasheet ERHARD butterfly valves
- [34] J.J. W. Hulsbeek, J. Kruit, P. J. Roeleveld, and M.C.M. Loosdrecht, "A practical protocol for dynamic modelling of activated sludge systems," *Water Science & Technology*, vol. 45, no. 6, pp. 127-136, February 2002.
- [35] H. M. Phillips et al., "Wastewater treatment modelling practice: a collaborative discussion of the state of the art," *Water Science & Technology*, vol. 59, no. 4, pp. 695-704, 2009.
- [36] Hydromantis Environmental Software Solutions, GPS-X Technical Reference, 2017.
- [37] R. Kukla, P. Junga, and J. Ševčíková, "Particle Size Distribution of Dried Sewage Sludge," *Acta Universitatis Agruculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, vol. 60, no. 5, pp. 145-150, Maio 2012.
- [38] D. F. Lawler, "Particle size distributions in treatment processes: Theory and practice," *Water Science Technology*, vol. 36, no. 4, pp. 15-23, 1997.
- [39] M. Holmes et al., "Zeta Potential Measurement for Water Treatment Coagulation Control," in *Oz water 2015*, Adelaide, Australia, 2015.
- [40] Miguel Moreira, "Relatório de visita," Divisão Técnico Comercial, SNF Ambientagua, Lisboa, Relatório técnico 2018.

## **Anexos**

### **Anexo A – Protocolo de Procedimento de *Jar Test***



**TRATAMENTO PRIMÁRIO TS  
MULTIFLO 1 a 5**

**Manual de Instruções de Funcionamento**

**ETAR de Alcântara  
Lisboa**

**Volume 1**

**Tomo III**

**Secção 8**

---

**Procedimento de *Jar Test***

---



EMPREITADA DE CONCEPÇÃO/CONSTRUÇÃO DA  
ADAPTAÇÃO E COMPLETAMENTO DA ETAR DE ALCÂNTARA.

**CP/O 01/05 – EMPREITADA DE CONCEPÇÃO – CONSTRUÇÃO DA  
ADAPTAÇÃO E COMPLETAMENTO DA ETAR DE ALCÂNTARA**

**TRATAMENTO PRIMÁRIO TS**

**MULTIFLO 1 A 5**

**PROCEDIMENTO DE *JAR TEST***

**ÍNDICE**

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. EQUIPAMENTO E PRODUTOS QUÍMICOS NECESSÁRIOS PARA O <i>JAR TEST</i>.....</b>	<b>3</b>
<b>3. PROCEDIMENTO .....</b>	<b>4</b>





EMPREITADA DE CONCEPÇÃO/CONSTRUÇÃO DA  
ADAPTAÇÃO E COMPLETAMENTO DA ETAR DE ALCÂNTARA.

**CP/O 01/05 – EMPREITADA DE CONCEPÇÃO – CONSTRUÇÃO DA  
ADAPTAÇÃO E COMPLETAMENTO DA ETAR DE ALCÂNTARA**

**TRATAMENTO PRIMÁRIO TS**

**MULTIFLO 1 A 5**

**PROCEDIMENTO DE *JAR TEST***

**1. INTRODUÇÃO**

O ajuste da dosagem de reagentes químicos (coagulante e polímero) é essencial na correcta operação da instalação MULTIFLO. A optimização das dosagens permite que se obtenha a melhor qualidade do efluente tratado ao menor custo.

A dosagem varia consoante as características da água não tratada (sólidos em suspensão, alcalinidade, pH, etc.). O *jar test*, que é um método fiável para otimizar as dosagens, deve ser realizado regularmente, especialmente se houver variações significativas na qualidade da água não tratada.

O objectivo do *jar test* é simular a variação de um parâmetro de cada vez, mantendo os outros factores iguais (mistura, tempo de contacto, tempo de decantação, dosagem de produtos químicos, etc.).

**2. EQUIPAMENTO E PRODUTOS QUÍMICOS NECESSÁRIOS PARA O *JAR TEST***

Para realizar um *jar test* é necessário o seguinte equipamento:

- Conjunto de *jar test*, de preferência com frascos quadrados e um misturador com velocidade ajustável;
- Gobelés e pipetas em quantidade adequada e de tamanho adequado;
- Cronómetro e escala;
- Medidor de pH e, de preferência, turbidímetro.

Para realizar um *jar test* são necessários os seguintes consumíveis:

- Coagulante a testar;
- Polímero a testar.



Sintra/Cascais Escritórios: Rua da Tapada da Quinta de Cima, Linhó, 2714-555 Sintra - Tel. 219 104 000 - Fax. 219 104 004

3 de 5





EMPREITADA DE CONCEPÇÃO/CONSTRUÇÃO DA  
ADAPTAÇÃO E COMPLETAMENTO DA ETAR DE ALCÂNTARA.

O coagulante deve ser doseado, de preferência, em forma pura, mas pode ser diluído para facilitar o doseamento.

O polímero deve ter sido preparado recentemente e estar diluído numa solução conforme as especificações do fornecedor.

### 3. PROCEDIMENTO

O procedimento para a realização do *jar test* é o que se apresenta de seguida. A velocidade de rotação e o tempo de contacto são de referência.

1. Encher com 1 litro de água não tratada;
2. Ajustar a velocidade de mistura para aproximadamente 300 rpm;
3. Injectar o coagulante;
4. Com o misturador a aproximadamente 300 rpm, permita um tempo de contacto de cerca de 2 minutos;
5. Injectar o polímero;
6. Decorridos 5 segundos de mistura a 300 rpm, reduzir a velocidade de mistura para aproximadamente 100 rpm;
7. Com o misturador a aproximadamente 100 rpm, permitir um tempo de contacto de cerca de 5 minutos;
8. Parar de misturar;
9. Deixar sedimentar durante aproximadamente 3 min;
10. Se necessário, recolher uma amostra para analisar;
11. Observar e registar a sedimentação;
12. Medir o pH e a turvação;
13. Repetir este procedimento para todas as dosagens e parâmetros.

Uma vez que o *jar test* com micropartículas de areia é bastante rápido (aproximadamente 10 minutos/teste), é recomendável não fazer demasiados testes em simultâneo. Por isso, para garantir que a qualidade da água não tratada não muda, deve encher-se um reservatório grande com água não tratada. Este reservatório deve ser mexido de cada vez que se retirar uma amostra para realizar um *jar test*. Deste modo, podem fazer-se testes evitando diferenças que possam ser causadas por água não tratada com características variáveis.



Sintra/Cascais Escritórios: Rua da Tapada da Quinta de Cima, Linhó, 2714-555 Sintra - Tel. 219 104 000 - Fax. 219 104 004

4 de 5



EMPREITADA DE CONCEÇÃO/CONSTRUÇÃO DA  
ADAPTAÇÃO E COMPLETAMENTO DA ETAR DE ALCÁNTARA.

Para obter melhores resultados, devem-se testar os parâmetros pela seguinte sequência:

1. Com a dosagem óptima de coagulante (partindo de experiência anterior), testar os diferentes polímeros com aproximadamente 1,0 mg/l de polímero, para verificar qual o polímero que resulta melhor;
2. Com o melhor polímero e a dosagem óptima de coagulante, experimentar diferentes dosagens de polímero para afinar a dosagem de polímero;
3. Com o melhor polímero na dosagem óptima, experimentar diferentes dosagens de coagulante para afinar a dosagem de coagulante;
4. Se necessário, repetir o teste com diferentes dosagens de polímero com a nova dosagem óptima de coagulante.



Sintra/Cascais Escritórios: Rua da Tapada da Quinta de Cima, Linhó, 2714-555 Sintra - Tel. 219 104 000 - Fax. 219 104 004

5 de 5

## **Anexo B. Avaliação económica de dosagens testadas**

### **Anexo B.1 – Cálculos auxiliares para custo de dosagens utilizadas**

### Custos em coagulante, cloreto de ferro

Para poder avaliar os custos que as dosagens testadas teriam partiu-se dos preços dos reagentes. Estes podem ser consultados na

Tabela B.2, no capítulo dos resultados e discussão. Na referida tabela o preço do ferro (€/kg) foi calculado a partir do preço de cloreto férrico (€/kg), da seguinte forma:

- A quantidade de ferro em cloreto férrico é dada pela razão molar:

$$\frac{m. a_{Fe}}{m. a_{FeCl_3}} = \frac{55,8}{55,8 + (3 * 35,5)} = 0,344 \quad (C.1)$$

- Podendo então obter um preço por ferro puro de:
- 

$$preço Fe^{3+} = \frac{preço FeCl_3}{0,138} \quad (C.2)$$

Para calcular o custo de uma dosagem por m<sup>3</sup> tratado pode ser feito o cálculo pelo preço de cloreto férrico ou diretamente pelo preço de ferro, como mostrado nas equações seguintes:

$$custo da dosagem de Fe^{3+} = \frac{ppm Fe^{3+}}{1000} * \frac{preço FeCl_3}{Razão molar * 0.4} \quad (C.3)$$

$$custo da dosagem de Fe^{3+} = \frac{ppm Fe^{3+}}{1000} * preço Fe^{3+} \quad (C.4)$$

É de notar que em todas as equações os preços de ferro ou cloreto férrico estão em €/kg e os custos das dosagens em €/m<sup>3</sup> de água tratada.

**Custos em polímeros, coagulante e floculante**

Tanto o polímero catiónico orgânico como o polímero aniónico são fornecidos em pó puro, simplificando os calculos de custos de reagentes utilizados. Os custos por dosagem utilizada são ambos calculados com a equação seguinte:

$$\text{custo da dosagem de P.E} = \frac{\text{ppm P.E.}}{1000} * \text{preço P.E} \quad (\text{C.5})$$

Sendo apenas necessario converter a dosagem para kg/m<sup>3</sup> e multiplicar pelo preço em €/kg.

A Tabela B.1 compila os custos calculados para todas as dosagens testadas, com o custo de cada reagente individualmente.

Tabela B.1 – Compilação das dosagens testadas e respetivos custos por cada mil m<sup>3</sup> tratados

Ensaio nº	Dosagem em ppm			Custo €/1000m <sup>3</sup>			
	Fe	P. Cat.	P. Ani.	Fe	P. Cat.	P. Ani.	Total
Dosagens testadas no dia 2 de agosto							
1	5	0	0,3	5,53	0,00	0,79	<b>6,32</b>
2	5	0,5	0,3	5,53	0,37	0,79	6,69
3	5	1	0,3	5,53	0,74	0,79	7,06
4	5	2	0,3	5,53	1,48	0,79	7,80
5	14	0	0,3	15,47	0,00	0,79	<b>16,27</b>
6	14	2	0,3	15,47	1,48	0,79	17,75
Dosagens testadas no dia 3 de setembro							
0	0	7	0,3	0,00	5,18	0,79	5,97
1	5	5	0,3	5,53	3,70	0,79	10,02
2	2	5	0,3	2,21	3,70	0,79	6,70
3	1	5	0,3	1,11	3,70	0,79	5,60
4	5	0	0,3	5,53	0,00	0,79	<b>6,32</b>
5	4	1	0,3	4,42	0,74	0,79	5,95
6	3	3	0,3	3,32	2,22	0,79	6,33
I	14	0	0,3	15,47	0,00	0,79	<b>16,27</b>
II	10	5	0,3	11,05	3,70	0,79	15,54

**Anexo B.2 – Preços dos reagentes utilizados**

Este anexo é composto apenas por uma tabela com os preços dos reagentes utilizados nos ensaios *jar test*. Por motivos de confidencialidade, os preços estão omissos.

Tabela B.2 - Preços dos reagentes utilizados em *jar test*

<b>Reagente</b>	<b>Unidade</b>	<b>Preço</b>
FeCl <sub>3</sub> 40%	€/kg	Confidencial
Fe	€/kg	Confidencial
Ambifloc® M 100 H	€/kg	Confidencial
Ambifloc® A 54 VH	€/kg	Confidencial

## **Anexo C – Fichas de segurança dos reagentes**

### **Anexo C.1 – Ficha de segurança Cloreto Férrico**





Rivaz Química, S.A.

FDS N.º 1045

Revisão n.º 03 / 2011-04-06

## 1. IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA / PREPARAÇÃO E DA EMPRESA

### 1.1 Identificação da substância ou preparação

Nome do produto: RIFER 40%  
 Nome químico: Tricloreto de Ferro  
 Fórmula Molecular:  $\text{FeCl}_3$   
 Tipo de produto: Substância

### 1.2 Utilização da substância ou preparação

Tratamento de água potável e água industrial  
 Tratamento de águas residuais  
 Fabricação de formulações  
 Tratamento de lamas  
 Tratamento de biogás  
 Tratamento de resíduos  
 Uso como reagente ou precursor no fabrico de outros produtos químicos  
 Tratamento de superfícies - gravação  
 Uso em laboratório

### 1.3 Identificação da sociedade / empresa

RIVAZ QUÍMICA, S.A.

Via Adelino Amaro da Costa, Lote 3

Moreira 4470 - 557 MAIA

Responsável pela FDS: Telefone: 229 479 560

Telefone: 229 479 560

Fax: 229 479 569

E-mail: geral@rivaz.pt

### 1.4 Número de telefone de emergência

Telefone de emergência da empresa: 229 479 560 (das 09h00 às 19h00)

Telefone de emergência do Centro de Informação Antivenenos (CIAV): 808 250 143

## 2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

### Classificação da substância

#### Classificação segundo o regulamento europeu (CE) 1272/2008, e suas alterações

Produto classificado como perigoso.

Classe de perigo	Categoria de perigo	Advertências de Perigo
Toxicidade aguda	Categoria 4	H302
Corrosão/irritação cutânea	Categoria 2	H315
Sensibilização cutânea	Categoria 1	H317
Lesões oculares graves ou irritação ocular	Categoria 1	H318
Corrosivo para metais	Categoria 1	H290

#### Classificação segundo a directiva europeia 67/548/CEE ou 1999/45/CE e suas alterações

Produto classificado como perigoso.

Classe de perigo/categoria de perigo	Frases R
Xn - Nocivo	R22: Nocivo por ingestão R38: Irrita a pele R41: Risco de lesões oculares graves R43: Pode causar sensibilização em contacto com a pele.

**Os elementos do rótulo**

Rotulagem CE - De acordo com o regulamento europeu (CE) 1272/2008 e suas alterações.

**Pictogramas de perigo**

GHS05



GHS07

**Palavras -sinal**

Perigo

**Advertências de Perigo**

- H290 Pode ser corrosivo para os metais  
 H302 Nocivo por ingestão  
 H315 Provoca irritação cutânea  
 H317 Pode provocar uma reacção alérgica cutânea.  
 H318 Provoca lesões oculares graves.

**Recomendações de Prudência****Prevenção**

- P234 Conservar unicamente no recipiente de origem  
 P261 Evitar respirar as poeiras/fumos/gases/névoas/vapores/aerossóis.  
 P264 Lavar... cuidadosamente após manuseamento.  
 P270 Não comer, beber ou fumar durante a utilização deste produto.  
 P272 A roupa de trabalho contaminada não deverá sair do local de trabalho.  
 P280 Usar luvas de protecção/vestuário de protecção/protecção ocular/protecção facial.

**Resposta**

- P301+P312 *EM CASO DE INGESTÃO: caso sinta indisposição, contacte um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico.*  
 P302+P352 *SE ENTRAR EM CONTACTO COM PELE: lavar com sabonete e água abundante.*  
 P305+P351+P338 *SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar.*  
 P310 Contacte imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico.  
 P321 Tratamento específico (ver... no presente rótulo).  
 P330 Enxaguar a boca.  
 P332+P313 Em caso de irritação cutânea: consulte um médico.  
 P333+P313 Em caso de irritação ou erupção cutânea: consulte um médico.  
 P362 Retirar a roupa contaminada e lavá-la antes de a voltar a usar.  
 P363 Lavar a roupa contaminada antes de a voltar a usar.  
 P390 Absorver o produto derramado a fim de evitar danos materiais.

**Armazenamento**

- P406 Armazenar num recipiente resistente à corrosão / ... com um revestimento interior resistente.

**Eliminação**

- P501 Eliminar o conteúdo/recipiente em conformidade com os regulamentos locais / regionais / nacionais / internacionais.

Nota: O rótulo que acompanha o produto contém apenas as recomendações de prudência assinaladas em itálico.

**Outros Perigos**

Informação não disponível.

**3. COMPOSIÇÃO / INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES**

Nome da substância	Concentração	Nº CE	Nº CAS	Nº de registo REACH	Nº índice em Anexo VI Regulamento CE 1272/2008
Cloreto férrico	39-42%	231-729-4	7705-08-0	01-2119497998-05-0005	---

#### 4. PRIMEIROS SOCORROS

**Em caso de inalação**

- Respirar ar fresco. Enxaguar com água a boca e nariz. Se os sintomas persistirem, chamar um médico.

**Em caso de contacto com os olhos**

- Lavar imediatamente com água durante vários minutos. Lavar bem debaixo das pálpebras.

- Consultar um médico.

**Em caso de contacto com a pele**

- Lavar abundantemente com água e sabão. Retirar e lavar as roupas contaminadas antes de reutilizá-las.

- Se os sintomas persistirem, chamar um médico.

**Em caso de ingestão**

- Chamar um médico imediatamente. Não provocar o vômito. Lavar a boca com água.

- Beber 1 ou 2 copos de água ou leite. Nunca dar de beber a uma pessoa inconsciente.

**Principais sintomas e efeitos, agudos e retardados****Em caso de inalação**

- Irritação do sistema respiratório.

**Em caso de contacto com os olhos**

- Irritação ocular.

**Em caso de contacto com a pele**

- Irritação cutânea

**Em caso de ingestão**

- Vômitos, diarreia, dor abdominal superior e letargia. Em casos mais graves, cianose, choque e coma.

**Indicação de qualquer atenção médica e tratamento especial que deve ser dispensada imediatamente**

- *Tratamento de emergência em caso de ingestão:* Administrar 1 ml/kg de peso corporal de uma solução padrão (mEq/ml) de bicarbonato de sódio após a lavagem gástrica. Antiácidos Convencionais também podem ser uma alternativa segura.

- No caso de ingestão significativa, 5-10 g de deferoxamina pode ajudar no final da lavagem gástrica. (Toxicologia Médica. - Diagnóstico e Tratamento da intoxicação humana Elsevier Science Publishing Co. Inc. New York, NY, 1988).

#### 5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIOS

**Meios adequados de extinção**

Utilizar meios de extinção apropriados para a situação e ambiente.

**Meios de extinção inadequados**

Nenhum.

**Riscos específicos da substância**

Acima da temperatura de decomposição do produto (285 °C), pode ser libertado cloreto de hidrogénio.

**Equipamento de protecção pessoal contra incêndios**

Utilizar equipamento de respiração autónomo. Equipamento de protecção pessoal resistente ao fogo.

#### 6. MEDIDAS A TOMAR EM CASO DE FUGAS ACIDENTAIS

**Precauções pessoais, equipamentos de protecção e procedimentos de emergência****Para pessoal que não faz parte dos serviços de emergência**

Evitar o contacto com a substância.

**Para o pessoal da emergência**

Seguir as recomendações da secção 7 (manipulação e armazenamento).

Usar botas e vestuário de protecção.

Em caso de formação de aerossóis ou névoas do produto, usar meia máscara com filtro de protecção B/P2.

**Precauções relativas ao meio ambiente**

Em caso de derrame confinado tentar recuperar e reutilizar o produto. Se não for possível, absorver com terra ou areia e submeter o absorvente a tratamento posterior. Evitar que o produto afecte o solo ou água.

Se o produto contaminar um rio, um lago ou um poço, informar as autoridades.

Evitar o alastramento do derrame utilizando materiais absorventes apropriados como areia ou cascalho.

**Métodos e materiais de limpeza e contenção**

Recolher grandes derrames utilizando uma bomba apropriada. Limpar o resíduo com água e neutralizar a água de lavagem com um produto básico (soda, cal, carbonato de sódio, etc.)

Os resíduos devem ser geridos em conformidade com a legislação aplicável.

**Referência a outras secções**

Consultar as medidas de protecção nas listas das secções 7 e 8.



## 7. MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM

### Manuseamento

O local e o método de trabalho deverá ser organizado de forma a evitar ou minimizar o contacto directo com o produto. Usar luvas de protecção de materiais adequados, tais como PVC, neopreno ou borracha natural. Respeitar as instruções do fabricante quanto à permeabilidade e resistência das luvas. Ter em conta as condições específicas do local de trabalho onde o produto é utilizado, tais como o risco de cortes, abrasão e tempo de contacto. Usar óculos de segurança, de preferência do tipo fechado.

### Armazenagem

#### Recomendações gerais

Manter afastado de produtos incompatíveis, tais como produtos alcalinos. Evitar o congelamento do produto. Evitar altas temperaturas.

#### Materiais adequados para armazenagem

Plástico (PE, PP, PVC). Poliéster reforçado com fibra de vidro. Cimento revestido de resina epóxi. Titânio. Aço resistente a ácidos ou aço ebonitado.

#### Materiais inadequados para armazenagem

Materiais não resistentes aos ácidos tais como alumínio, cobre, ferro,...; Aço; Recipientes galvanizados.

### Usos específicos

Ver anexo.

## 8. CONTROLO DA EXPOSIÇÃO E PROTECÇÃO INDIVIDUAL

### Valores limite de exposição

VLA-ED 1 mg/m<sup>3</sup> (expresso como Fe).

DN(M)EL Trabalhadores (8 horas/dia de exposição)

- DN(M)EL pele: 0,57 mg Fe/kg de peso corporal/dia; DN(M)EL inalação: 2,01 mg Fe/m<sup>3</sup>

DN(M)EL Consumidores

- DN(M)EL pele: 0,29 mg Fe/kg de peso corporal/dia; DN(M)EL inalação: 0,5 mg Fe/m<sup>3</sup>

- DN(M)EL oral: 0,29 mg Fe/kg de peso corporal/dia

### Controlo da exposição

#### Controlo técnico apropriado

- Equipar as instalações com lava-olhos e chuveiros de emergência;
- Instalar ventilação suficiente nas áreas de trabalho.

#### Medidas de protecção individual

##### Protecção dos olhos / face

Usar óculos de segurança, de preferência do tipo fechado.

##### Protecção da pele (mãos e outros.)

Usar luvas de protecção de materiais adequados, tais como PVC, neopreno ou borracha natural.

Usar roupa de trabalho.

##### Protecção respiratória

Em caso de formação de aerossóis ou névoas do produto, usar meia máscara com filtro de protecção B-P2.

##### Perigos térmicos

Informação não disponível.

##### Medidas de higiene

Garantir que os lava-olhos e chuveiros de segurança estão localizados perto do local de trabalho.

Substituir imediatamente a roupa contaminada.

Lavar a cara e as mãos antes das pausas e no fim do expediente.

#### Controlo da exposição ambiental

*Medidas organizativas:* procedimentos operativos e de controlo para minimizar emissões, especialmente durante operações de limpeza e de manutenção.

*Medidas preventivas relacionadas com os efluentes líquidos:* os efluentes de cloreto férrico devem ser reutilizados ou descarregados num efluente industrial com posterior neutralização.

*Medidas preventivas relacionadas com as emissões para o ar:* não se prevê emissões para o ar devido à sua baixa pressão de vapor.

## 9. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

### Aspecto

Líquido castanho avermelhado

### Odor

Praticamente inodoro

### Limite de odor

Dado indisponível

### pH

< 1

<b>Ponto de fusão/ponto de congelação</b>	-12°C
<b>Ponto de ebulição/intervalo de ebulição</b>	106-120°C
<b>Ponto de inflamação</b>	não aplicável (substância inorgânica sem presença de carbono e hidrogénio)
<b>Taxa de evaporação</b>	não disponível
<b>Inflamabilidade (sólido, gás)</b>	não aplicável (substância inorgânica sem presença de carbono e hidrogénio)
<b>Limite superior/inferior de inflamabilidade ou de explosão</b>	não aplicável (substância inorgânica sem presença de carbono e hidrogénio)
<b>Pressão de vapor</b>	não disponível
<b>Densidade de vapor</b>	não aplicável
<b>Densidade relativa</b>	1,42
<b>Solubilidade</b>	Solúvel em água em todas as proporções
<b>Coefficiente de partição n-octanol/água</b>	não aplicável (substância inorgânica)
<b>Temperatura de auto-inflamação</b>	não aplicável (substância inorgânica sem presença de carbono e hidrogénio)
<b>Temperatura de decomposição</b>	285 °C
<b>Viscosidade</b>	17 cps
<b>Propriedades explosivas</b>	não aplicável (substância inorgânica sem presença de grupos funcionais associados a propriedades explosivas)
<b>Propriedades comburentes</b>	não aplicável (substância inorgânica sem presença de oxigénio)
<b>Informação adicional</b>	No contexto dos riscos físicos e químicos, os sais de ferro não têm propriedades oxidantes.

## 10. ESTABILIDADE E REACTIVIDADE

### Reactividade

Devido ao baixo pH do produto deve-se evitar o contacto com produtos que são incompatíveis com produtos ácidos (por ex. hipoclorito de sódio).

O contacto com certos metais liberta hidrogénio (gás inflamável e explosivo).

### Estabilidade química

O produto é estável nas condições de armazenagem recomendadas.

### Possibilidade de reacções perigosas

Não se conhecem reacções perigosas.

### Condições a evitar

Não há informação disponível.

### Materiais incompatíveis

Ver secção 7 da ficha de dados de segurança (manuseamento e armazenagem.)

### Produtos de decomposição perigosos

Nenhum

## 11. INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA

### Toxicidade aguda

- LD50 oral: 1300 mg Cl<sub>3</sub>Fe/kg de peso corporal. LD50 dérmica: 2000 mg Cl<sub>3</sub>Fe/ kg de peso corporal.

### Toxicidade crónica

- NOAEL oral (ratazana): 277 mg/kg de peso corporal/ dia.

### Corrosão ou irritação cutânea

Causa irritação cutânea categoria 2.

### Lesão ou irritação ocular grave

Irritação ocular, categoria 1. Provoca lesões oculares graves.

### Sensibilização respiratória ou cutânea

Pode causar sensibilização cutânea. Estão a realizar-se ensaios para determinar se o cloreto férrico pode dar lugar a reacções de sensibilização cutânea.

### Mutagenicidade em células germinais

*Ensaio de mutação genética em bactéria e em células de mamífero:* "Genotoxicidade de compostos de ferro em *Salmonella typhimurium* e células de linfoma de rato L5178Y". Resultado: negativo em ambos casos.

*Ensaio de genotoxicidade:* Aberrações nucleares e indução de micronúcleos no trato digestivo de ratos com diferentes sais de ferro ". Resultado: negativo.

**Carcinogenicidade**

Ensaios realizados mostram que o cloreto férrico não é carcinogénico.

**Toxicidade para reprodução**

Resultados recentes de estudos levados a cabo com cloreto ferroso e sulfato ferroso deram valores de NOAEL para efeitos sobre a reprodução e desenvolvimento > = 500 mg/kg peso corporal/dia e > =1000 mg/kg peso corporal /dia, respectivamente.

Este resultado considera-se aplicável aos sais de ferro III tais como o cloreto férrico, visto que o ferro II ingerido é oxidado a ferro III pelo organismo antes de ser absorvido.

Suplementos de ferro de 5,8 a 11,7 mg/kg peso corporal /dia (para indivíduos de 60kg) são prescritos de forma rotineira a grávidas, sem evidência de efeitos adversos de nenhum tipo.

**Toxicidade específica em determinados órgãos (STOT) – exposição única**

Não há informação disponível.

**Toxicidade específica em determinados órgãos (STOT) – exposição repetida**

NOAEL de 227 e 314 mg Fe/kg peso corporal/dia (ratazanas macho e fêmea, respectivamente).

**Perigo de aspiração**

Ver secção 11.1.

**12. INFORMAÇÃO ECOLÓGICA****12.1. Ecotoxicidade**

- PNEC água: não aplicável.
- PNEC sedimento (g Fe/kg sedimento seco): 49,5
- PNEC solo (g Fe/kg solo seco): 55
- PNEC estações de tratamento de águas residuais (mg Fe/l): 500
- PNEC oral: não aplicável (não é bioacumulável)
- Peixes (*Lepomis macrochirus*) 96h: LC50: 20 mg Fe/l
- Invertebrados aquáticos (*Daphnia magna*) 48h: EC50: 9.6 mg Fe/l

**12.2. Persistência e degradabilidade**

- A biodegradabilidade não é aplicável a sais inorgânicos de metais. A precipitação e factores abióticos controlam a transformação e degradação do cloreto férrico no meio ambiente.
- Não obstante, o ferro está sujeito a uma certa actividade biológica visto que há bactérias que realizam processos de transformação do ferro.

**12.3. Potencial de bioacumulação**

- Em ensaios realizados verificou-se um factor de bioconcentração <20.
- O ferro é um elemento essencial para os organismos (microrganismos, plantas e animais) e tem um papel importante nos processos biológicos. A incorporação de ferro nas células está controlada por processos homeostáticos.

**12.4. Mobilidade no solo**

- Em função do pH, o ferro dissolvido precipita rapidamente, pelo que o seu impacto no meio se reduz de forma importante.

**12.5. Resultados da avaliação PBT e mPmB**

- O cloreto férrico não é uma substância PBT nem mPmB.

**12.6. Outros efeitos adversos**

- Não há informação disponível.

**13. QUESTÕES RELATIVAS À ELIMINAÇÃO****Métodos para o tratamento de resíduos**

Água contaminada com cloreto férrico é facilmente tratada ajustando o pH para 8. O ferro precipitará como hidróxido de ferro, enquanto os cloretos permanecem em solução.

**14. INFORMAÇÃO RELATIVA AO TRANSPORTE**

		ADR
14.1.	Nº ONU	2582
14.2.	Designação oficial de transporte das Nações Unidas	Cloreto Férrico em solução
14.3.	Classe de perigo para o transporte	8
	Etiqueta de perigo	8 – Corrosivo
	Identificação de perigo	80
14.4.	Grupo de embalagem	III



**Perigos para o meio ambiente**

Não é classificado como perigoso para o meio ambiente de acordo com os critérios estabelecidos no ADR.

**Precauções particulares para os usuários**

Informação não disponível.

**Transporte a granel nos termos do anexo II do Convénio Marpol 73/78 e do código IBC**

Não aplicável.

---

**15. INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO****Regulamentação e legislação em matéria de segurança, saúde e meio ambiente específica para a substância ou mistura**

Regulamento (CE) n.º 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Dezembro de 2006, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas (REACH), e suas alterações, em particular, regulamento (CE) 453/2010.

- Directiva 67/548/CEE do Conselho, de 27 de Junho de 1967, relativa à aproximação das disposições legais, regulamentares e administrativas em matéria de classificação, embalagem e rotulagem das substâncias perigosas, e suas alterações.

- Regulamento (CE) n.º 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2008, sobre classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, e suas alterações.

- Directiva 98/24/CE do Conselho de 7 de Abril de 1998 relativa à protecção da saúde e da segurança dos trabalhadores contra os riscos relacionados com os agentes químicos durante o trabalho, e suas alterações.

- Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, sobre resíduos.

- Lei 31/1995, de 8/11 de Prevenção de Riscos de Trabalho, Valores Limites Ambientais (VLAs), Limites de Exposição Profissional a Agentes Químicos (Instituto Nacional de Segurança e Higiene no trabalho) e suas alterações.

**Avaliação da Segurança Química**

- De acordo com o regulamento REACH, realizou-se a avaliação da segurança química desta substância.

---

**16. OUTRAS INFORMAÇÕES****Historial de revisões**

- Revisão 3: Adicionado no item 16 "Outras informações", Secção 16,1 manual de uso do produto, que está de acordo com as exigências da Ordem SAS/1915/2009 de 8 de Julho, relativa às substâncias utilizadas no tratamento da água destinada ao consumo humano.

- Revisão 4: adequar esta ficha ao anexo II do regulamento REACH (alterado pelo Regulamento 453/2010).

Incluir classificação de acordo com regulamento CLP.

**Abreviaturas e siglas utilizadas na ficha de dados de segurança**

**ACGIH:** Conferencia Americana de Higienistas Industriais Governamentais (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

**ADR:** Acordo europeu relativo ao transporte internacional de mercadorias perigosas por estrada. (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road)

**CLP:** Classificação, etiquetagem e embalagem.

**Descritores de uso:** ver "Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.12: Usar descritores de sistema" da ECHA, que se pode encontrar na página web da ECHA.

<http://echa.europa.eu>.

**DNEL:** Sigla em Inglês de nível sem efeito obtido. Representa o nível máximo de exposição pessoas a uma substância.

**DL50:** Dose letal média para toxicidade oral aguda por ingestão é a dose única obtida estatisticamente de uma substância que pode ser esperado, que administrada oralmente, cause a morte a metade de um grupo de ratos albinos jovens adultos, no prazo de 14 dias.

**IBC:** Código dos navios que transportam produtos químicos perigosos a granel (Internacional Bulk Chemical Code).

**mPmB:** Substâncias muito persistentes y muito acumulativas.

**Nº CAS:** Chemical Abstract Service - identificador numérico específico de cada substância e sua estrutura.

**NOEL:** No Observed Effect Level.

**ONU:** Número de identificação de matérias perigosas registadas no regulamento ADR.

**PBT:** Substâncias persistentes, bioacumulativas e tóxicas.

**PVC:** Policloreto de vinilo.

**REACH:** Registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (EU regulatory framework for the Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals).

**STOT:** Toxicidade específica em determinados órgãos.

**VLA-ED:** Valor limite ambiental de exposição diária.

**VLAs:** Valores Limites Ambientais.

**Referências e fontes de dados**

Relatório de segurança química de cloreto férrico.

**Métodos de avaliação (só misturas)**

Não aplicável por ser uma substância.

**Lista de frases R, advertências de perigo, indicações de segurança e/ou recomendações de prudência da Ficha de dados de segurança.**

Texto íntegro das Declarações-H mencionadas na secção 2: ver secção 2.2

Texto completo das frases-R referidas na secção 2: ver a secção 2

**Manual de uso no tratamento de águas potáveis. Ordem SAS/1915/2009.**

Modo de emprego

- O cloreto férrico pode ser aplicado directamente conforme fornecido, através de uma bomba doseadora e diluir-se em linha com água.

- Ver secção 7.1 "Manuseamento do produto" e utilizar as "medidas de protecção" indicadas na secção 8.2.1. e anexo de usos.

Dose recomendada

- A dose recomendada de tratamento é variável em função da qualidade da água bruta e da aplicação.

- Em geral, a dose de tratamento corresponde aproximadamente a uma quantidade de 10 mg a 80 mg de cloreto férrico 40% / litro água a tratar (expressa como Fe varia entre 2 e 10 mg/l), inferior ou superior, em função da qualidade da água bruta.

- Após o tratamento, a água não deverá ser agressiva nem incrustante, segundo a nota 5 da parte C do anexo I do RD 140/2003.

Finalidade do produto

- O cloreto Férrico utiliza-se como coagulante primário.

Incompatibilidades com outros produtos e/ou materiais

- Ver secção 7.2 "Armazenamento"

- Ver secção 10. "Estabilidade e reactividade"

*Nota:* Existe rastreabilidade entre o número de lote e data de fabricação.

Esta informação é baseada no estado actual dos nossos conhecimentos e experiência e tenciona descrever os nossos produtos do ponto de vista de requisitos de segurança, pelo que não deve ser considerado como garantindo propriedades específicas. Este produto deve ser armazenado, utilizado e manuseado de acordo com os regulamentos, normas e leis de Segurança, Saúde e Meio Ambiente.

Esta Ficha de Dados de Segurança está conforme com os requisitos estabelecidos nos Regulamentos da União Europeia - Regulamento (CE) n.º. 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Dezembro de 2006, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição das substâncias e preparações químicas (REACH), e suas alterações e Regulamento (CE) n.º. 1272/2008 do Parlamento Europeu y do Conselho, de 16 de Dezembro de 2008, sobre classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas (Regulamento CLP), e suas alterações.

**Anexo: Usos - Cenários de Exposição (Cloreto Férrico 40%)**

**1. Título e descrição do cenário de exposição**

EE1: Fabrico de cloreto férrico

Este cenário inclui o fabrico de cloreto férrico.

EE3: Fabrico de formulações e diluições

Uso de Cloreto Férrico para fabrico de misturas. Este uso também inclui a diluição de cloreto Férrico com água e a manipulação de cloreto Férrico, por exemplo em operações de embalagem do produto tal e qual.

EE4: Tratamento de água bruta

Este cenário inclui o uso do cloreto Férrico no tratamento de água bruta para obtenção de água tratada, tanto para água potável e como para uso industrial.

EE5: Tratamento de águas residuais e desidratação de lamas

Este cenário inclui o uso de cloreto férrico para tratamento de águas residuais, urbanas ou industriais e também o uso de cloreto na desidratação de lamas.

Do ponto de vista ambiental, o cloreto férrico que é utilizado para desidratação de lamas pode acabar depositado no solo (como hidróxido de ferro III), já que as lamas resultantes do tratamento de águas residuais urbanas podem ser utilizadas ocasionalmente como fertilizante no solo.



EE6: Tratamento de biogás em aterros sanitários e outras fontes de biogás

O cloreto Férrico pode ser utilizado para eliminar o sulfureto de hidrogénio.

EE7: Uso como precursor ou reagente

EE10a e EE10c: Uso industrial-10a – e doméstico- 10c como agente fixador (Foto-gravura e gravura em geral) e como agente de tratamento de superfície.

A superfície a tratar pode ser pulverizada com cloreto férrico em forma de spray ou directamente submersa em cloreto férrico.

EE12a e EE12b uso em laboratório (uso industrial ou profissional)

**2. Descrição das actividades e processos abrangidos pelo cenário de exposição**

- Ver tabela anexa.

**3. Condições de operação que assegurem o controlo dos riscos**

	Trabalhadores	Consumidores (EE 10c)
Duração de exposição	Até 8 horas dia	Esporádica
Frequência da exposição	Diária. 240 dias/ano	Esporádica
Características físicas da substância	Produto líquido	Produto líquido
Concentração da substância	Até 45 %	Até 45 %
Outras condições de operação	No caso de aplicação em pulverização, assume-se que esta é realizada num sistema fechado.	---

**4. Medidas de controlo de risco (RMM)**

Medidas de controlo de risco relacionadas com os trabalhadores

Para todos os cenários de exposição profissional :

Medidas organizativas	-Os trabalhadores devem receber a formação necessária para: a) Não realizar trabalhos sem protecção b) Conhecer os riscos do produto c) Cumprir os procedimentos de segurança previstos pelo titular da instalação. - O responsável da instalação deve assegurar que os EPI's requeridos estão disponíveis e são utilizados de acordo com as instruções de uso dos mesmos e procedimentos de trabalho estabelecidos.
Medidas técnicas	-Os equipamentos de trabalho devem estar em boas condições de funcionamento e ter uma manutenção adequada. -Manter a ordem e limpeza no local de trabalho. -Evitar os salpicos -Em caso de utilização do produto em forma de aerossóis (spray), esta deve ser efectuada numa câmara fechada. Boas práticas: - Recomendamos o uso de sistemas fechados/automáticos para manipulação do produto assim como cobertura de recipientes abertos (por exemplo, usando telas) -Encher os recipientes com sistemas automáticos, ex. bombas de sucção.
Protecção respiratória	Não é necessária excepto em casos em que sejam criados aerossóis de cloreto férrico (ex. aplicação por spray). Em caso de presença de aerossóis é necessária meia máscara ou máscara completa com filtro B/P2.
Protecção das mãos	Luvas de protecção
Protecção dos olhos	Óculos de segurança, de preferência do tipo fechado
Protecção da pele e corpo	Roupa de trabalho
Medidas de higiene	Lavar as mãos antes de comer ou fumar.

Medidas de controlo de risco para consumidores (cenário de exposição 10c)

- Protecção de mãos e olhos (luvas de protecção e óculos de segurança)

- Informação ao consumidor, para evitar o contacto com a pele e olhos e a necessária utilização de vestuário de protecção.

# Anexos

Nº de cenário de exposição	Uso	Número de uso	Fabricação	Utilização identificada			Etapa do ciclo de vida		Sector de uso (uso principal) (SU)	Sector de uso (uso final) (SU)	Categoria de produto químico (PC)	Categoria do processo (PROC)	Categoria artigo (AC)	Categoria libertação no meio ambiente (CEI)
				Formulação	Uso final	Uso consumidor	Vida útil (para itens)	Etapa de resíduo						
EE1	Fabrico de cloreto férrico	1	X				no	no	SU3	SU 8	N/A	PROC 1,2,3,8b	n/a	ERC1
EE3	Fabrico de formulados e diluições	3		X			no	no	SU3	SU10	PC12, 14, 15, 20, 37	PROC 1,2,3,4,5,8a,8b,9,14,15,	n/a	ERC 2,5
EE4	Tratamento de água bruta	4			X		no	no	SU3	SU0	PC 20,37	PROC 2,5,8a,8b	n/a	ERC 4
EE5	Tratamento de águas residuais e desidratação de lamas	5			X		no	no	SU3	SU0	PC 20	PROC 2,5,8a,8b	n/a	ERC 4,5,
EE6	Tratamento de biogás em aterros sanitários e outras fontes de biogás	6			X		no	no	SU3	SU 10	PC 20	PROC 2,8a,8b,	n/a	ERC 2,4,6b,
EE7	Uso como precursor ou re agente	7			X		no	no	SU3	SU 8,9,10,14	PC 9a,9b,12,18,19,20	PROC 2,3,4,8b,9,22,15,26	n/a	ERC 1,4,5,6a,6b
EE10a	Uso industrial Foto-gravura e gravura em geral) e como agente de tratamento de superfície.	12			X		no	no	SU 3	SU 10,15,16	PC 14,15	PROC 5,7,8a,8b,13	n/a	ERC 2,6b
EE10c	Uso (consumidor) como agente fixador e agente de tratamento de superfície.	13				X	no	no	SU21	--	PC14	n/a	n/a	ERC 2,6b
EE12a	Uso como produto químico de laboratório (uso industrial)	15			X		no	no	SU3	SU24	PC 21	PROC15	n/a	n/a
EE12b	Uso como produto químico de laboratório (uso profissional)	16			X		no	no	SU22	SU24	PC21	PROC15	n/a	n/a

N/A - não aplicável

**Anexo C.2 – Ficha de segurança do Polímero catiónico orgânico**

	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> <b>AMBIFLOC® M 100 H</b>	Revisão: 17 / 01 / 2018 Pág. 1 de 7
---	--	--

(De acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 conforme alterado pelo Regulamento (UE) n.º 2015/830)

#### SECÇÃO 1. IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA / MISTURA E DA SOCIEDADE / EMPRESA

##### 1.1 Identificador do produto

Nome comercial: AMBIFLOC® M 100 H

Tipo de produto: mistura

##### 1.2 Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas

Utilizações relevantes identificadas: Agente de coagulação para tratamento de águas.

Utilizações desaconselhadas: Não são conhecidas utilizações desaconselhadas para fins industriais, profissionais ou para consumidores em geral.

##### 1.3 Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança

SNF / AMBIENTAGUA

Rua do Convento, 144 – Zona Industrial de Fontiscos

Apartado 298 - 4780 – 427 Santo Tirso

Tel.: (252) 852713 / 853136 Fax: (252) 853085

Responsável pela ficha de segurança: 252 852713 ; [geral@snfambientagua.pt](mailto:geral@snfambientagua.pt)

##### 1.4 Número de telefone de emergência

Telefone de emergência do Centro de Informação Antivenenos (CIAV): + 351 808 250 143

Telefone de emergência da empresa: 252 852713 (das 9h00 às 18h00)

#### SECÇÃO 2. IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

##### 2.1 Classificação da substância ou mistura

De acordo com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 e suas alterações:

Classe de perigo	Categoria de perigo	Advertências de perigo
Perigoso para o ambiente aquático – toxicidade crónica	Categoria 3	H412 – Nocivo para os organismos aquáticos com efeitos duradouros

##### 2.2 Elementos do Rótulo

De acordo com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 e suas alterações:

Símbolos: Não aplicável.

Palavra-sinal: Sem palavra.

Advertências de Perigo:

H412 – Nocivo para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.

Recomendação de Prudência – Prevenção:

P273 – Evitar libertação para o ambiente.

Recomendação de Prudência – Eliminação:

P501 - Eliminar o conteúdo/recipiente em conformidade com o descrito na secção 13 da FDS.

##### 2.3 Outros Perigos

Avaliação PBT e mPmB: não preenche os critérios do Anexo XIII do REACH, logo não é PBT nem mPmB.

#### SECÇÃO 3. COMPOSIÇÃO / INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES

##### 3.1 Substâncias

Este produto não é uma substância.

##### 3.2 Misturas

Este produto é uma mistura.

	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> <b>AMBIFLOC® M 100 H</b>	Revisão: 17 / 01 / 2018 Pág. 2 de 7
---	--	--

Nome da substância	Composição (%)	N.º CAS	N.º CE	N.º Registo REACH	Classificação estabelecida pelo Regulamento (CE) n.º 1272/2008
Dimethylamine, epichlorohydrin, ethylenediamine polymer	25 - 75	25988-97-0	—	Polímero	Perigoso para o ambiente aquático – Toxicidade crónica 3: H412

#### SECÇÃO 4. MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

##### 4.1 Descrição das Medidas de Primeiros Socorros

**Inalação:** Remover a vítima para um local arejado. Sem necessidade de medidas de primeiros socorros especiais.

**Contacto com a pele:** Remova a roupa e sapatos contaminados. Lavar abundantemente a pele com água e sabão. No caso da irritação persistir, consultar um médico.

**Contacto com os olhos:** Lavar abundantemente com água corrente, também debaixo das pálpebras. No caso da irritação dos olhos persistir, consultar um médico.

**Ingestão:** Não provocar o vômito. Lavar a boca com água. Consultar um médico se os sintomas persistirem.

##### 4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados

Não há informação disponível.

##### 4.3 Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários

Nenhuns, para o uso normal do produto.

#### SECÇÃO 5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

##### 5.1 Meios de extinção

**Meios adequados de extinção:** Água, água em *spray*, espuma, dióxido de carbono, pó químico.

**Meios inadequados de extinção:** nenhuns.

##### 5.2 Perigos Especiais decorrentes da substância ou mistura

Os produtos perigosos da decomposição são: óxidos de carbono (COx), óxidos de azoto (NOx), cloreto de hidrogénio e cianeto de hidrogénio. Estes produtos formam-se em atmosferas deficientes em oxigénio. Derrames, produzem superfícies extremamente escorregadias.

##### 5.3 Recomendações para o pessoal de combate a incêndios

Utilizar equipamento de respiração autónomo e equipamento de proteção individual resistente ao fogo.

#### SECÇÃO 6. MEDIDAS A TOMAR EM CASO DE FUGAS ACIDENTAIS

##### 6.1 Precauções individuais, equipamento de proteção e procedimentos de emergência

Não tocar e nem andar diretamente no produto derramado. Os derrames, produzem superfícies extremamente escorregadias.

Usar botas, vestuário de proteção, luvas e proteção da face e dos olhos.

##### 6.2 Precauções a nível ambiental

Evitar que o produto afete o solo ou água, deverá utilizar-se coberturas nas grelhas das águas pluviais. Se o produto contaminar um rio, um lago ou um poço, informar as autoridades. Os derrames em ALCATRÃO, danificam completamente o pavimento.

##### 6.3 Métodos e materiais de confinamento e limpeza

Pequenos derrames: não lavar com água, absorver com materiais absorventes inertes. Depois deverá encaminhar-se os resíduos gerados em conformidade com a legislação aplicável.

Grandes derrames: não lavar com água, deverá conter-se o derrame e removê-lo por bombagem para um contentor/cisterna. Os resíduos devem ser geridos em conformidade com a legislação aplicável.

##### 6.4 Remissão para outras secções

Consultar as medidas apresentadas nas secções 7, 8 e 13.



	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> <b>AMBIFLOC® M 100 H</b>	Revisão: 17 / 01 / 2018 Pág. 3 de 7
---	--	--

## SECÇÃO 7. MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM

### 7.1 Precauções para um manuseamento seguro

**Medidas de proteção:** Evitar o contacto com a pele e olhos. Os derrames do produto produzem superfícies extremamente escorregadias.

**Recomendações de higiene ocupacional:** Não comer, beber ou fumar nas zonas de trabalho. Lavar as mãos e o rosto depois da utilização do produto. Retirar o vestuário contaminado e o equipamento de proteção antes de entrar nas zonas de refeições.

### 7.2 Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades

**Medidas técnicas e condições de armazenamento:** Afastar do calor e de fontes de ignição. Evitar o congelamento do produto, poderá alterar as suas propriedades.

**Materiais de embalagem:** Informação não disponível.

**Materiais a evitar:** Fontes de ignição.

### 7.3 Utilização(ões) final(is) específica(s)

**Recomendações:** agente de coagulação para tratamento de águas.

**Soluções específicas para setores industriais:** Nenhumas.

## SECÇÃO 8. CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/PROTEÇÃO INDIVIDUAL

### 8.1 Parâmetros de controlo

Não existem valores limites para o componente perigoso deste produto.

### 8.2 Controlo da exposição

**8.2.1 Controlos técnicos adequados:** instalação de ventilação suficiente (no caso de possibilidade de formação de névoas ou vapores usar exaustão localizada, caso contrário poderá ser suficiente a ventilação natural), de lava-olhos e de chuveiros de emergência.

#### 8.2.2 Equipamentos de Proteção Individual

Proteção dos olhos e face: Usar óculos de segurança com proteção lateral, de acordo com a norma EN166.

Proteção da pele: Mãos: Usar luvas de resistência química conforme a Norma EN 374. Tipo de material recomendado: PVC ou outro material plástico.

Outras partes: Usar roupa de proteção ou avental de proteção e botas de borracha.

Proteção respiratória: Normalmente não é necessária proteção respiratória.

Proteção contra os perigos térmicos: ver secção 5.3.

**8.2.3 Controlo da exposição ambiental:** Não permitir descargas não controladas no ambiente.

## SECÇÃO 9. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

### 9.1 Informação sobre propriedades físicas e químicas de base

Aspeto e cor:	Líquido amarelo ligeiramente claro
Odor:	Nenhum
Limiar olfativo:	Não aplicável
pH:	5,0 ± 1,0
Ponto de fusão/ponto de congelação:	< 0 °C
Ponto de ebulição inicial e intervalo de ebulição:	> 100 °C
Ponto de inflamação:	Não é inflamável
Taxa de evaporação:	Não há informação disponível
Inflamabilidade (sólido, gás):	Não aplicável
Limites superior/inferior de inflamabilidade ou de explosividade:	Não se prevê que crie atmosferas explosivas
Pressão de vapor:	2,3 kPa a 20 °C
Densidade de vapor:	0,804 g/L a 20 °C
Densidade relativa:	1,05 ± 0,04
Solubilidade(s):	Completamente solúvel em água
Coefficiente de partição n-octanol/água:	< 0
Temperatura de autoignição:	Não é auto-inflamável
Temperatura de decomposição:	> 150 °C
Viscosidade:	Consultar ficha técnica
Propriedades explosivas:	Não é explosivo

DQ016/02

	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> <b>AMBIFLOC® M 100 H</b>	Revisão: 17 / 01 / 2018 Pág. 4 de 7
---	--	--

**Propriedades comburentes:**

Não possui propriedades comburentes

**9.2 Outras informações**

Não existem informações adicionais.

**SECÇÃO 10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE****10.1 Reatividade**

Estável nas condições indicadas de armazenamento.

**10.2 Estabilidade química**

Estável nas condições indicadas de armazenamento.

**10.3 Possibilidade de reações perigosas**

Não são conhecidas reações perigosas.

**10.4 Condições a evitar**

Proteger da congelação, calor e luz solar.

**10.5 Materiais incompatíveis**

Não são conhecidos materiais incompatíveis.

**10.6 Produtos da decomposição perigosos**

Os produtos perigosos da decomposição são: óxidos de carbono (COx), óxidos de azoto (NOx), cloreto de hidrogénio e cianeto de hidrogénio. Estes produtos formam-se em atmosferas deficientes em oxigénio.

**SECÇÃO 11. INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA****11.1 Informação sobre os efeitos toxicológicos****Informação sobre o produto:****a) Toxicidade aguda:**LD<sub>50</sub>, oral (ratazana) > 5000 mg/Kg peso corporalLD<sub>50</sub>, cutâneo (ratazana) > 5000 mg/Kg peso corporal

Não existem resultados para a rota inalatória, porque esta via de exposição nos humanos é improvável, uma vez que o produto não possui pressão de vapor, logo não se prevê a formação de aerossóis.

**b) Corrosão/irritação cutânea:** o produto não é irritante para a pele.**c) Lesões oculares graves/irritação ocular:** fracamente irritante.**d) Sensibilização respiratória ou cutânea:** produto não sensibilizante, quer pela via respiratória, quer pela via cutânea.**e) Mutagenicidade em células germinativas:** não se prevê que o produto seja mutagénico, por analogia com outros produtos similares.**f) Carcinogenicidade:** não se prevê que o produto seja cancerígeno, por analogia com outros produtos similares.**g) Toxicidade reprodutiva:** não se prevê que o produto seja tóxico reprodutivo, por analogia com outros produtos similares.**h) Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição única:** Não são conhecidos efeitos.**i) Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição repetida:** Não são conhecidos efeitos.**j) Perigo de aspiração:** Devido à sua viscosidade o produto não representa perigo de aspiração.**Informação sobre o componente perigoso: Dimethylamine, epichlorohydrin, ethylenediamine polymer****a) Toxicidade aguda:**LD<sub>50</sub>, oral (ratazana) > 2000 mg/Kg peso corporalLD<sub>50</sub>, cutâneo (ratazana) > 2000 mg/Kg peso corporal

Não se espera que o produto seja tóxico por inalação.

**b) Corrosão/irritação cutânea:** não é irritante para a pele.**c) Lesões oculares graves/irritação ocular:** não é irritante para os olhos.**d) Sensibilização respiratória ou cutânea:** não sensibilizante, quer pela via respiratória, quer pela via cutânea.**e) Mutagenicidade em células germinativas:** não se prevê que seja mutagénico, por analogia com outros produtos similares.**f) Carcinogenicidade:** não se prevê seja cancerígeno, por analogia com outros produtos similares.**g) Toxicidade reprodutiva:** não se prevê que seja tóxico reprodutivo, por analogia com outros produtos similares.**h) Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição única:** Não são conhecidos efeitos.

DQ016/02

	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> <b>AMBIFLOC® M 100 H</b>	Revisão: 17 / 01 / 2018 Pág. 5 de 7
---	--	--

- i) **Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição repetida:** Não são conhecidos efeitos.  
j) **Perigo de aspiração:** Não são conhecidos efeitos.

## SECÇÃO 12. INFORMAÇÃO ECOLÓGICA

### 12.1 Toxicidade

#### Informação sobre o produto:

##### Toxicidade aguda:

Peixes: LC<sub>50</sub> – 96 h (*Danio rerio*) = 10 - 100 mg/L

Crustáceos: EC<sub>50</sub> – 48 h (*Daphnia magna*) = 10 - 100 mg/L

Algas/plantas aquáticas: os testes de inibição com algas não são apropriados, uma vez que as características de floculação do produto interferem com o meio de teste não se conseguindo uma distribuição homogénea, o que invalida os testes.

Toxicidade crónica: Não há dados disponíveis.

#### Informação sobre o componente perigoso: *Dimethylamine, epichlorohydrin, ethylenediamine polymer*

##### Toxicidade aguda:

Peixes: LC<sub>50</sub> – 96 h (*Danio rerio*) = 10 - 100 mg/L

Crustáceos: EC<sub>50</sub> – 48 h (*Daphnia magna*) = 10 - 100 mg/L

Algas/plantas aquáticas: os testes de inibição com algas não são apropriados, uma vez que as características de floculação do produto interferem com o meio de teste não se conseguindo uma distribuição homogénea, o que invalida os testes.

Toxicidade crónica: Não há dados disponíveis.

### 12.2 Persistência e degradabilidade

**Biodegradação:** Quer o produto, quer o seu componente perigoso, não são facilmente biodegradáveis e não sofrem hidrólise.

### 12.3 Potencial de bioacumulação

Quer o produto, quer o seu componente perigoso não são bioacumuláveis.

### 12.4 Mobilidade no solo

Não há informação disponível.

### 12.5 Resultados da avaliação PBT e mPmB

Avaliação PBT e mPmB: não preenche os critérios do Anexo XIII do REACH, logo não é PBT nem mPmB.

### 12.6 Outros efeitos adversos

Não há informações adicionais.

## SECÇÃO 13. CONSIDERAÇÕES RELATIVAS À ELIMINAÇÃO

### 13.1 Métodos de Tratamento de Resíduos

Lavar as embalagens vazias do produto com água e aproveitar para preparar a solução de trabalho. As embalagens vazias devem ser geridas de acordo a legislação de resíduos em vigor.

## SECÇÃO 14. INFORMAÇÕES RELATIVAS AO TRANSPORTE

### 14.1 Número ONU

ADR/RID/ADN/IMDG/OACI

Não é classificado como perigoso, segundo os regulamentos de transporte.

### 14.2 Designação oficial de transporte da ONU

ADR/RID/ADN/IMDG/OACI:

Não aplicável.

### 14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte

ADR/RID/ADN/IMDG/OACI:

Não aplicável.

DQ016/02



	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> <b>AMBIFLOC® M 100 H</b>	Revisão: 17 / 01 / 2018 Pág. 6 de 7
---	--	--

**14.4 Grupo de embalagem**

ADR/RID/ADN/IMDG/OACI:

Não aplicável.

**14.5 Perigos para o ambiente (ADR/RID/IMDG/OACI/ADN)**

ADR/RID/ADN/IMDG/OACI:

Não é classificado como perigoso do ponto de vista do ambiente.

**14.6 Precauções especiais para o utilizador:**

14.6.1 Etiquetas (ADR/RID/ADN/IMDG/OACI): Não aplicável.

14.6.2 Identificação de perigo (ADR/RID/ADN): Não aplicável.

14.6.3 Código restrição túneis (ADR/RID/ADN): Não aplicável.

14.6.4 Segregação (IMDG): Não aplicável.

14.6.5 Segregação (ADR/RID/IMDG/OACI/ADN): Não aplicável.

**14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção Marpol e o Código IBC:**

Não aplicável.

**SECÇÃO 15. INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO****15.1 Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente**

Regulamento (CE) nº 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de dezembro de 2006, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH), e suas alterações, em particular, regulamento (UE) 2015/830 da Comissão de 28 de Maio de 2015.

Regulamento (CE) nº 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, 16 de dezembro de 2008, sobre classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, e suas alterações.

Diretiva 98/24/CE do Conselho de 7 de Abril de 1998 relativa à proteção da saúde e da segurança dos trabalhadores contra os riscos relacionados com os agentes químicos durante o trabalho, e suas alterações.

Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, sobre resíduos.

**15.2 Avaliação da segurança química**

Realizada. A informação resultante considerada relevante foi usada para preparação da Ficha de Dados de Segurança. O produto contém um componente perigoso, mas como é polímero não está sujeito ao registo do REACH, logo não é exigida a apresentação de cenários de exposição em anexo.

**SECÇÃO 16. OUTRAS INFORMAÇÕES****Referências bibliográficas e fontes de dados:**

Para além das fichas de dados de segurança dos fabricantes dos componentes desta mistura consultaram-se as seguintes fontes de informação:

- <http://www.guidechem.com/cas-259/25988-97-0.html>

- <http://img1.guidechem.com/msdspd/25988-97-0.pdf>

Esta ficha de dados de segurança foi preparada de acordo com o seguinte:

Regulamento (UE) n.º 2015/830.

**Lista das advertências de perigo e/ou recomendações de prudência relevantes:**

H412 – Nocivo para os organismos aquáticos com efeitos duradouros

**Histórico das revisões:**

Última revisão:

Atualização da secção 9.

Revisões anteriores

Atualização da secção 9.

DQ016/02

	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> <b>AMBIFLOC® M 100 H</b>	Revisão: 17 / 01 / 2018 Pág. 7 de 7
---	--	--

Atualização da subsecção 15.1 (legislação ADR).

Atualização das subsecções 2.1 e 3.1 para dar cumprimento à legislação em vigor - Regulamento (UE) n.º 2015/830 - Anexo.

Atualização da FDS em geral de acordo com as últimas informações recebidas dos fabricantes dos componentes perigosos e correções relacionadas com a estrutura da FDS, determinada pelo Regulamento (UE) n.º 453/2010, de 20 de maio.

**Legenda das abreviaturas e siglas utilizadas:**

ADN: Acordo Europeu relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Via Navegável Interior

ADR: Acordo Europeu relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada

EC<sub>50</sub>: concentração que gerou efeito em metade dos organismos teste

IMDG: Código Marítimo Internacional para o Transporte de Mercadorias Perigosas

LC<sub>50</sub>: concentração letal média para toxicidade aguda que cause a morte a metade de um grupo de organismos teste

LD<sub>50</sub>: dose letal média para toxicidade aguda que cause a morte a metade de um grupo de organismos teste

mPmB: muito persistente e muito bioacumulável

N.º CAS: *Chemical Abstract Service* -identificador numérico específico de cada substância e sua estrutura

OACI: Instruções Técnicas para o Transporte Seguro de Mercadorias Perigosas por Via Aérea

ONU: Organização das Nações Unidas

PBT: persistente, bioacumulável e tóxico

RID: Regulamento relativo ao Transporte Internacional Ferroviário de Mercadorias Perigosas

*A informação fornecida nesta ficha de segurança é a mais correta de que dispomos até à data da sua publicação. A informação prestada destina-se apenas a dar conselhos que proporcionem uma utilização, manuseamento, processamento, armazenamento, transporte e eliminação seguros e não deve ser considerada uma garantia ou especificação de qualidade. A informação refere-se apenas ao produto designado.*

**Anexo C.3 – Ficha de segurança do Polímero aniónico**

	<p align="center"><b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b>  <b>AMBIFLOC® A 54 VH</b>          De acordo com o Regulamento (CE) N.º 453/2012</p>	<p>Revisão: 17 / 06 / 2013          Pág. 1 de 11</p>
---	---	--

## 1. IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTANCIA / MISTURA E DA EMPRESA

### 1.1 - Identificação do produto

**Nome comercial:** **AMBIFLOC® A 54 VH**  
**Tipo de produto:** Mistura

### 1.2 – Utilização:

**Utilização do produto:** Agente auxiliar de processos para aplicações industriais

**Utilizações desaconselhadas:** Não são conhecidas utilizações desaconselhadas para fins industriais, profissionais ou pra consumo em geral

### 1.3 – Fornecedor:

SNF/AMBIENTÁGUA, Lda  
 Rua do Convento, 144 – Zona Industrial de Fontiscos  
 4780-427 Santo Tirso  
 Tel.: 252 852713  
 Fax: 252 853085  
 geral@snfambientagua.pt  
 Responsável pela FDS: E-mail: geral@snfambientagua.pt Telefone: 252852713

### 1.4 – Número de telefone de emergência:

Centro de Informação Antivenenos (CIAV): 808 250 143  
 Número Nacional de Emergência: 112

## 2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

### 2.1 - Classificação da mistura:

Classificação de acordo com o Regulamento (CE) 1272/2008:	Não é classificado
Classificação de acordo com a Diretiva 1999/45/CE:	Não é classificado

### 2.2 - Elementos do rótulo:

Etiquetagem de acordo com a Regulamentação (CE) 1272/2008:	
Pictogramas:	Nenhum
Palavra sinal:	Nenhuma
Advertências de perigo:	Nenhumas
Recomendações de prudência:	Nenhumas

### 2.3 – Outros perigos:

Avaliação PBT e vPvB:  
 Não preenche os critérios de acordo com o Anexo XIII do REACH,

	<p align="center"><b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b>  <b>AMBIFLOC® A 54 VH</b>          De acordo com o Regulamento (CE) N.º 453/2012</p>	<p>Revisão: 17 / 06 / 2013          Pág. 2 de 11</p>
---	---	--

### 3. COMPOSIÇÃO / INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES

#### 3.1 - Identificação da substância:

Este produto não é uma substância

#### 3.2 – Misturas:

Este produto é uma mistura.,

#### Componentes perigosos

Não contém substâncias perigosas a reportar.

### 4. PRIMEIROS SOCORROS

#### 4.1 – Descrição das medidas de primeiros socorros:

**Inalação:** Remover a vítima para local arejado. Não existem perigos que exijam medidas especiais de primeiros socorros.

**Contacto com a pele:** Lavar imediatamente com muita água e sabão. Retirar todo o vestuário contaminado e os sapatos.

**Contacto com os olhos:** Lavar abundantemente com muita água corrente, também debaixo das pálpebras, durante 15 minutos, no mínimo. No caso de irritação persistente, consultar um médico.

**Ingestão:** Lavar a boca com água. Se a vítima estiver consciente, dar bastante água a beber. Induzir o vômito, mas só no caso de a vítima estar plenamente consciente

#### 4.2 – Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados:

Não existem

Outras informações:

Soluções aquosas ou o produto em pó, tornam as superfícies extremamente perigosas

#### 4.3 – Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários:

Não existe informação disponível

Outras informações

Nenhumas

### 5. MEDIDAS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS

#### 5.1 – Meios de extinção

Meio adequado de extinção:

Água, água em spray, espuma resistente álcool, dióxido de carbono, pó seco.

Meios inadequados de extinção:

Nenhuns

	<p align="center"><b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b>  <b>AMBIFLOC® A 54 VH</b>          De acordo com o Regulamento (CE) N.º 453/2012</p>	<p>Revisão: 17 / 06 / 2013          Pág. 3 de 11</p>
---	---	--

## 5.2 – Perigos especiais

### Produtos de decomposição perigosos:

Óxidos de carbono (COx). Óxidos de azoto (NOx). Cloreto de hidrogénio. Cianeto de hidrogénio (ácido hidrociânico) pode ser produzido na combustão, em atmosfera deficiente em oxigénio

## 5.3 – Recomendação para o pessoal de combate a incêndios:

### Medidas protectoras:

Usar equipamento de respiração autónomo e fato protector

### Outras informações:

Derrames do produto ou da solução do produto, produzem superfícies extremamente escorregadias.

## 6. MEDIDAS PARA DERRAMES ACIDENTAIS

### 6.1 - Precauções individuais, equipamento de protecção e procedimentos de emergência:

#### Precauções individuais:

Os derrames produzem superfícies extremamente escorregadias. Não tocar nem caminhar sobre material derramado. Manter as pessoas afastadas do derrame.

#### Equipamento de protecção:

Não é necessário equipamento em especial

### 6.2 - Precauções a nível ambiental:

Como para todos os produtos químicos, não despejar em cursos de água.

### 6.3 - Métodos e materiais de confinamento e limpeza:

#### Derrames pequenos:

Não lavar com água. Remover de imediato com pá ou aspirar. Colocar o produto em embalagem adequada e fechada para posterior eliminação. Após a recolha de todo o produto derramado, lavar os vestígios com água.

#### Derrames grandes:

Não lavar com água. Remover de imediato com pá ou aspirar. Colocar o produto em embalagem adequada e fechada para posterior eliminação. Após a recolha de todo o produto derramado, lavar os vestígios com água.

#### Resíduos:

Lavar com bastante água

### 6.4 – Remissão para outras secções:

Secção 7: Manuseamento e armazenagem

Secção 8: Controle de Exposição / Protecção Pessoal

Secção 9: Propriedades físico-químicas

Secção 13: Considerações relativas à eliminação



	<p align="center"><b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b>  <b>AMBIFLOC® A 54 VH</b>          De acordo com o Regulamento (CE) N.º 453/2012</p>	<p>Revisão: 17 / 06 / 2013          Pág. 4 de 11</p>
---	---	--

## 7. MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM

### 7.1 Precaução para um manuseamento seguro:

Não são necessários cuidados especiais. Solução aquosa, ou o produto em pó que seja humedecido, tornam as superfícies extremamente escorregadias. Quando manipulado, não se deve comer beber ou fumar.

### 7.2 Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades:

Manter o produto num local fresco e seco (0 – 35 .º C). Manter a embalagem bem fechada, quando não estiver a ser usada.

### 7.3 Usos específicos:

Informação não disponível.

## 8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO / PROTECÇÃO PESSOAL

### 8.1 – Parâmetros de controlo

Limites de exposição ocupacionais

Nenhum

### 8.2 – Controlo de exposição:

#### Controlos técnicos adequados:

Assegurar-se de uma adequada ventilação, especialmente em áreas pequenas. Usar locais com exaustão no caso de poeiras. Natural ventilação é adequada se não existir poeiras.

#### Medidas de protecção individual:

- Protecção dos olhos/face: Óculos de segurança com protecção lateral
- Protecção da pele: usar fato-macaco resistente a produtos químicos, bem como sapatos de borracha, quando existe contacto com o produto.
- Protecção das mãos: Luvas em PVC ou outro material plástico
- Protecção das vias respiratórias: Habitualmente não é necessário equipamento de protecção.
- Conselhos adicionais: Lavar as mãos e o rosto antes de qualquer paragem e imediatamente a seguir ao uso do produto. Lavar as mãos antes dos intervalos e no final do dia de trabalho. Agir de acordo com as boas praticas de higiene e segurança.

### 8.3 – Controlo da exposição ambiental:

Não são necessárias precauções especiais. Não permitir descargas descontroladas de produto no meio ambiente.

## 9. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

### 9.1 – Informação sobre propriedades físicas e químicas de base

Forma:

Sólido granular

	<p align="center"><b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b>  <b>AMBIFLOC® A 54 VH</b>          De acordo com o Regulamento (CE) N.º 453/2012</p>	<p>Revisão: 17 / 06 / 2013          Pág. 5 de 11</p>
---	---	--

Odor:	Nenhum
Limite olfativo:	Não aplicável
pH:	5 - 8 @ 5g/l
Ponto inicial e Intervalo de ebulição	Não aplicável
Ponto de inflamação (°C):	Não aplicável
Velocidade de evaporação:	Não aplicável
Inflamabilidade (sólido gás):	Sem informação disponível
Limites de inflamabilidade ou limites de explosividade:	Não é esperado que crie atmosferas explosivas
Pressão de vapor:	Não aplicável
Densidade de vapor:	Não aplicável
Densidade relativa:	0.8
Solubilidade:	Solúvel em água
Coefficiente de partição:	- 2
Temperatura de auto-ignição (°C):	Não se auto inflama, com base na estrutura química
Temperatura de decomposição:	> 150 °C
Viscosidade:	50 -1000 cps @ 5 g/l
Propriedades Explosivas:	Não é explosivo, com base na estrutura química
Propriedades oxidantes:	Não oxidante, com base na estrutura química

#### 9.2 - Outras informações:

Não existem informações adicionais

### 10. ESTABILIDADE E REACTIVIDADE

#### 10.1- Reactividade:

Nenhuma conhecida. O produto é estável nas condições de manipulação e armazenamento recomendadas

#### 10.2 – Estabilidade química:

O produto é estável nas condições de manipulação e armazenamento recomendadas

#### 10.3 – Possibilidade de reacções perigosas:

Nenhuma conhecida

#### 10.4 - Condições a evitar:

Nenhuma conhecida

#### 10.5 – Materiais incompatíveis:

Nenhum conhecido

#### 10.6 – Produtos de decomposição perigosos:

Óxidos de carbono (COx). Óxidos de azoto (NOx).

### 11. INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA

#### 11.1 – Informação sobre efeitos toxicológicos

##### Informação sobre o produto a fornecer:

Toxicidade aguda por via oral:

DL50/oral/rato > 5000 mg/kg

Toxicidade aguda por via cutânea:

DL50/cutânea/rato > 5000 mg/kg



	<p align="center"><b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b>  <b>AMBIFLOC® A 54 VH</b>          De acordo com o Regulamento (CE) N.º 453/2012</p>	<p>Revisão: 17 / 06 / 2013          Pág. 6 de 11</p>
---	---	--

Toxicidade aguda por via inalatória:	Não é esperado que o produto seja tóxico por inalação
Corrosão /irritação cutânea:	Não é irritante para a pele
Lesões oculares graves/irritação ocular:	Não provoca irritação
Sensibilização respiratória ou cutânea:	Não provoca sensibilização
Mutagenicidade:	Não é mutagénico
Carcinogenicidade:	Não é carcinogénico
Toxicidade reprodutiva:	Não é toxico para a reprodução
Toxicidade para órgãos-alvo específicos-exposição única:	Sem efeitos conhecidos
Toxicidade para órgãos-alvo específicos-exposição repetida:	Sem efeitos conhecidos
Perigo de aspiração:	Sem informação disponível

## 12. INFORMAÇÃO ECOLÓGICA

### 12.1 – Toxicidade:

#### Informação do produto tal e qual é fornecido:

Toxicidade aguda para os peixes:	CL50/Danio rerio/96 horas > 100 mg/L ( OECD 203)
Toxicidade aguda para invertebrados:	CE 50/Daphnia/48 horas > 100 mg/L (OECD 202)
Toxicidade aguda para algas:	CI50/Scenedesmus subspicatus/72 horas > 100 mg/L (OECD201)

### 12.2 – Persistência e degradabilidade:

#### Informação do produto tal e qual é fornecido:

Degradação:	Não é rapidamente biodegradável
Hidrólise:	Não hidrolisa

### 12.3 – Potencial bioacumulativo:

Não bioacumula	
Coeficiente de partição (Low Pow):	- 2
Factor de bioconcentração:	~0

### 12.4 – Mobilidade no solo:

Nenhuma

### 12.5 – Resultados da Avaliação PBT e vPvB:

Não preenche os critérios segundo o Anexo XIII do REACH.

### 12.6 – Outros efeitos adversos:

Nenhum conhecido

	<p align="center"><b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b>  <b>AMBIFLOC® A 54 VH</b>          De acordo com o Regulamento (CE) N.º 453/2012</p>	<p>Revisão: 17 / 06 / 2013          Pág. 7 de 11</p>
---	---	--

### 13. CONSIDERAÇÕES RELATIVAS À ELIMINAÇÃO

#### 13.1 – Métodos para tratamento de resíduos:

Resíduos/ Produto inutilizado: Pode ser colocado em aterro ou incinerado, de acordo com a legislação local

Embalagens contaminadas: Podem ser colocadas em aterro ou incineradas, de acordo com a legislação local

Reciclagem: O produto e a sua embalagem não são adequados para reciclagem.

### 14. INFORMAÇÃO SOBRE TRANSPORTE

Não é classificado como perigoso, segundo os regulamentos de transporte.

#### ADR / RID

Não é classificado como perigoso em termos de regulamentação de transporte ADR / RID

#### IMDG / IMO

Não é classificado como perigosos em termos de regulamentação de transporte IMDG / IMO

#### ICAO / IATA

Não é classificado como perigosos em termos de regulamentação de transporte ICAO / IATA

### 15. INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO

#### 15.1 – Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente:

Todos os componentes deste produto foram registados ou pré-registados na Agencia Europeia de Produtos Químicos ou estão isentos de registo.

#### 15.2 – Avaliação de segurança química:

Nenhuma requerida

### 16. OUTRAS INFORMAÇÕES

Esta ficha de dados de segurança contém modificações, relativamente à versão anterior, nas seguintes secções:

Secção 1 – Identificação da substância/mistura e da empresa

Secção 2 ~ Identificação de perigos

Secção 3 – Composição/informação os ingredientes

Secção 4 – Medidas de primeiros socorros

Secção 5 – Medidas de combata a incêndios

Secção 6 – Medidas de combate a derrames acidentais

Secção 7 – Manuseamento e armazenagem

Secção 8 – Controlo de exposição/ Protecção individual

Secção 9 – Propriedades físicas e químicas

Secção 10 – Estabilidade e reactividade

Secção 11 – Informação toxicológica

Secção 12 – Informação ecológica

	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> <b>AMBIFLOC® A 54 VH</b> De acordo com o Regulamento (CE) N.º 453/2012	Revisão: 17 / 06 / 2013 Pág. 8 de 11
---	---	---

Secção 13 – Considerações sobre a eliminação

Secção 14 – Informação sobre transporte

Secção 15 – Informação regulamentar

Legenda de abreviaturas e acrónimos usados nesta ficha de dados de segurança:

Nenhumas

Esta ficha de dados de segurança foi preparada de acordo com o seguinte:

Regulamento (EC) N.º 1907/2006, Regulamento (EC) N.º 1272/2008, Diretiva 67/548/CEE, Diretiva 1999/45/CE, conforme alterações.

Regulamento da Comissão (CE) n.º 453/2010

A informação disponível nesta ficha de segurança está baseada no nosso estado de conhecimento actual sobre o produto e é dada de boa fé. A informação prestada destina-se apenas a dar conselhos que proporcionem uma utilização, manuseamento, processamento, armazenamento, transporte e eliminação seguros, e não deve ser considerada uma garantia de especificação de qualidade. Esta informação é relativa apenas à designação específica do produto, podendo não ser válida quando este material for usado em combinação com outro qualquer ou nalgum processo, a não ser que tenha sido especificado no processo de fabricação.